

RF-856

## INFORMATION TECHNOLOGY SUBSTITUTING THE "HUMAN FACTOR" RISK TO BALANCE AERIAL LOADS

Antonio Teodoro Ribeiro Guimarães (Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo – Brasil) - [teodoroguimaraes@uol.com.br](mailto:teodoroguimaraes@uol.com.br)

Silvio Aparecido dos Santos (Universidade de São Paulo, São Paulo – Brasil) - [sadsanto@usp.br](mailto:sadsanto@usp.br)

Hideo Hori (Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo – Brasil) - [hideohm@uol.com.br](mailto:hideohm@uol.com.br)

The physical space of the basements of the airplanes is divided in positions, standardized and clearly demarcated, that they will be occupied for the pallets, also standardized, in reason of the swinging among the weight of each one of them and the position that will occupy in the airplane, in way to maintain safe limits between the pressure center and the center of gravity of the airplane. After the swinging, whose calculation is made through computers, it must be proceed to the shipment or unloading of the airplanes. It exists there inside a rupture point among the technology of information, which calculates the ideal swinging of the distribution of the load of the airplanes, and the operation of the shipment or unloading in itself, that it is done manually. The entrance in the process of what could be called of "human factor" can mean unacceptable flaws for the safety of the flights. Many aerial companies, to limit the caused damage, they are detaching a trained employee, the loadmaster, that accompanies the airplane from the origin point to the destiny point, to coordinate every shipment and unloading process. The article suggests, to the end, the use of electronic systems and technology of information to guarantee zero fails in those operations.

Keywords: Information technology, human factor, airplane, fails.

## TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO SUBSTITUINDO O RISCO DO "FATOR HUMANO" NO BALANCEAMENTO DE CARGAS AÉREAS

O espaço físico dos porões das aeronaves é dividido em posições, padronizadas e claramente demarcadas, que serão ocupadas pelos *pallets*, também padronizados, em razão do balanceamento entre o peso de cada um deles e a posição que ocuparão no avião, de modo a manter limites seguros entre o centro de pressão e o centro de gravidade da aeronave. Após o balanceamento, cujo cálculo é feito por meio de computadores, se procede ao carregamento ou descarregamento das aeronaves. Existe aí um ponto de ruptura entre a tecnologia de informação, que calcula o balanceamento ideal da distribuição da carga dentro das aeronaves, e a operação do carregamento ou descarregamento em si, que é feita manualmente. A entrada no processo do que poderia ser chamado de "fator humano" pode significar falhas inaceitáveis para a segurança dos vôos. Muitas empresas aéreas, para limitar o dano causado, estão destacando um funcionário treinado, chamado de *loadmaster*, que acompanha o avião desde seu ponto de origem até o ponto de destino, para coordenar todo processo de carregamento e descarregamento da mesma. O artigo sugere, ao final, o uso de sistemas eletrônicos e tecnologia de informação para garantir zero erro nessas operações.

Palavras-chave: Tecnologia da Informação, Fator Humano, Cargas aéreas, erro

## Introdução

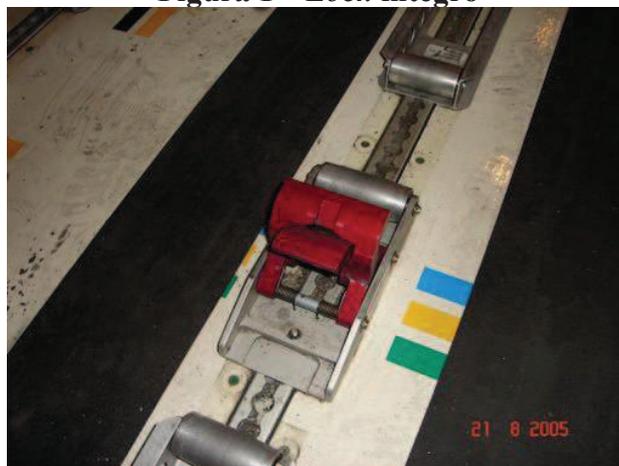
Uma empresa de transporte aéreo é pura logística. Ela tem, como todas as empresas de transporte de todos os modais, a logística decorrente de sua própria atividade, que é colocar o produto e o serviço na hora e no local certo, para o cliente, e com a melhor qualidade e o menor custo possível. Mas, além disso, e diferentemente de outros meios de transporte, o avião necessita, em cada carregamento e descarregamento, de um processo logístico interno, cujo objetivo é balancear o peso da carga dentro da aeronave, para alcançar e manter seu equilíbrio aerodinâmico, em vôo e até mesmo no solo.

A tecnologia de informação é intensamente utilizada numa empresa aérea, e no aspecto específico que está sendo tratado neste artigo, sua utilização não é menor. O computador calcula o balanceamento ideal da distribuição da carga dentro das aeronaves, considerando o peso de cada *pallet* e as localizações disponíveis no avião. Nesse processamento de informações são, eventualmente, se necessário, consideradas as escalas que a aeronave fará, e os carregamentos e descarregamentos que ocorrerão.

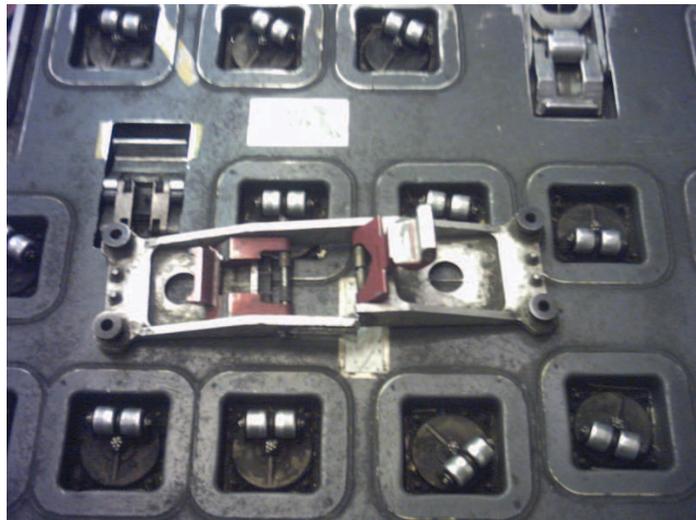
Prontos os cálculos, o computador emite uma ficha de distribuição das cargas dentro das posições disponíveis na aeronave. E encerra aí a participação da tecnologia de informação nesse processo. De posse dessa documentação emitida pelo computador, a companhia aérea a encaminha para a empresa terceirizada responsável pelo embarque e desembarque das cargas, que, fisicamente, realiza essas operações. Por serem terceirizadas não pelas companhias aéreas, mas pelas administradoras dos aeroportos, essas empresas, no afã da necessidade de alta produtividade, muitas vezes, além de não respeitarem a integridade física da aeronave e da carga, não respeitam também os procedimentos de carregamento e descarregamento das mercadorias, o que acaba gerando inúmeros problemas, que vão desde uma simples troca de peças até, como já ocorreu, a perda da aeronave.

Os problemas mais comuns que ocorrem com o trabalho das empresas terceirizadas é a quebra de peças, como o *lock* (como mostram as figuras 1 e 2), que é utilizado para o travamento dos pallets em suas posições, dentro das aeronaves. Além dos custos envolvidos (cada *lock* custa cerca de US\$ 3 mil, e cada aeronave possui, em média 100 unidades), existe o risco da carga se movimentar em vôo, que é de ocorrência rara, mas possível de acontecer.

**Figura 1 – Lock íntegro**



Fonte: Juliano Martins, 2005

**Figura 2 – Lock avariado**

Fonte: Juliano Martins, 2006

Muitas empresas aéreas, para limitar o dano causado, estão destacando um funcionário treinado para acompanhar e supervisionar as operações de carregamento e descarregamento. Esses técnicos especializados, chamados de *loadmaster*, acompanham o avião desde seu ponto de origem até o ponto de destino, período em que ficam responsáveis pela integridade física da aeronave e seu conteúdo, coordenando todo processo de carregamento e descarregamento da mesma.

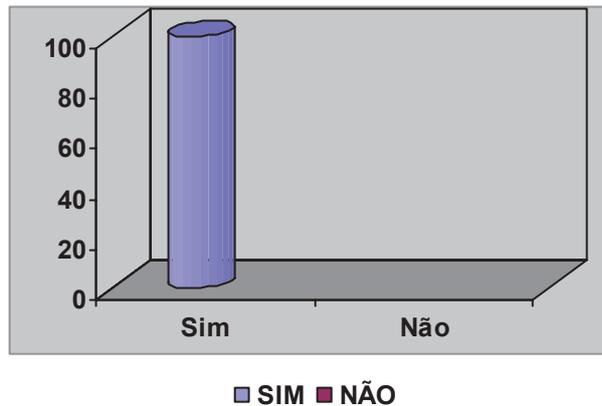
Sobre a presença desse técnico nos vôos para assegurar o correto balanceamento das cargas nos porões dos aviões, Martins (2006) elaborou uma pesquisa junto a empresas aéreas transportadoras de cargas que utilizam a figura do *loadmaster* em seus vôos, onde foi possível aquilatar suas opiniões sobre a implantação dos mesmos. Pela oportunidade, duas questões dessa pesquisa foram incorporadas ao presente artigo, conforme explicitado nos gráficos 1 e 2.

Foram aplicados questionários em 5 empresas: Absa Cargo, Airborne Express, Cielos Del Peru, Centurion e Tampa Cargo, sendo que todas elas têm, no mínimo, experiência de cinco anos de acompanhamento de *loadmaster* em seus vôos.

Da pesquisa, realizada entre 01 e 03 de outubro de 2006, foram extraídas as questões 1 e 4, por estarem mais diretamente relacionadas com o escopo do artigo.

A primeira questão proposta às empresas, na pesquisa, procurou levantar se após a implantação do cargo de *loadmaster*, houve redução nos danos com a integridade física das aeronaves e cargas:

**Enunciado da questão 1** - Após a implantação do conceito de *loadmaster* na empresa, houve redução nos danos com a integridade física da aeronave e das mercadorias nelas embarcadas ?

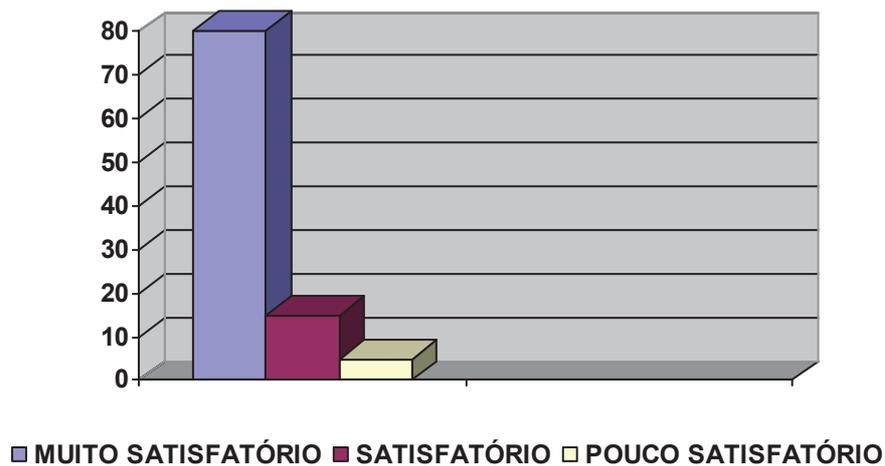
**Gráfico 1 – Redução de danos**

Fonte: Martins J. (2006)

Pelo simples fato de que 100% dos entrevistados terem afirmado que houve uma redução nos danos com a integridade física das aeronaves e das mercadorias nelas embarcadas, pode-se, sem restrições, afirmar que a utilização de *loadmaster* vem sendo positiva para as empresas aéreas pesquisadas. Portanto, de acordo com esse resultado, percebe-se que todas as empresas conseguiram reduzir seus custos.

A quarta questão buscou levantar o nível de satisfação com a segurança da aeronave após a implantação do cargo de *loadmaster*.

**Enunciado da questão 4** - Qual o nível de satisfação em relação a seguridade da operação?

**Gráfico 2 – Índice de satisfação com a segurança**

Fonte: Martins J. (2006)

O resultado obtido demonstra que 80% das empresas pesquisadas acreditam que devido a experiência e vivência do profissional no assunto, a segurança nas aeronaves fica muito satisfatória. Mas, entretanto, note-se que se fala em maioria, e não em unanimidade, chegando a existir um índice de 5% que não está satisfeito com a atuação dos *loadmasters*.

De acordo com o resultado, a maioria classificou como muito satisfatórios os níveis de segurança alcançados com a presença de um *loadmaster* a bordo. Entretanto, o próprio resultado demonstra que é preciso caminhar mais, na busca de soluções mais eficientes. A presença desse técnico especializado não elimina a possibilidade de acidentes, uma vez que o “fator humano” ainda está instalado no processo, tornando-o passível de erros.

A passagem da administração do balanceamento da carga, de um sistema informatizado para um procedimento operacional, executado e conferido por pessoas, sem nenhum apoio de informática nessa conferência, pode incorporar ao processo um viés característico do “fator humano”. Esse viés, que pode ser sintetizado na expressão popular – errar é humano – muitas vezes provoca situações que tendem a desencadear situações catastróficas.

### **Segurança de voo**

Segundo Frago (2006), a associação entre segurança de voo, a qualidade dos serviços e a rentabilidade operacional tem implicações claras e diretas nos resultados financeiros da empresa.

Neste contexto, qualquer programa de prevenção de acidentes apresenta desafios e resultados práticos no crescimento da empresa, pois mantém em alto nível a disponibilidade da frota e no mais baixo nível a ocorrência de incidentes e acidentes que geram conseqüências muitas vezes incalculáveis. Por isso, deve ser incluído nas suas políticas administrativas e de operações, tornando-se uma das referências para a tomada de decisões em todos os seus níveis.

A prevenção de acidentes, como uma atividade baseada em diversos segmentos da ciência, fundamenta-se em conceitos e técnicas desenvolvidos desde há muito, mas que vem evoluindo de acordo com a própria inovação tecnológica. A prevenção de acidentes, como outra atividade qualquer, deve ser administrada por pessoal especializado nas técnicas que lhe são afetas de modo a poder aplicá-las convenientemente.

Para Gevaerd (2006), ao se tratar de prevenção de acidentes, não é possível se reportar somente ao homem ou mesmo à aeronave, mas, de uma maneira global, ao ser humano que opera essa máquina, à aeronave que é operada por uma equipe e ao meio no qual se desenvolve essa atividade, seja o meio aéreo com suas condições atmosféricas, o ambiente da cabine de pilotagem ou das torres de controle, as operações de terra, o meio social e familiar em que vive esse homem e, também, o meio em que trabalha esse homem. Esses três elementos, definidos pelo trinômio: MÁQUINA - HOMEM - MEIO, constituem a base e o objeto de toda atividade de prevenção de acidentes.

#### **a) Máquina**

Um dos maiores problemas encontrados pelos pilotos pioneiros era a falta de confiabilidade nos motores, mas, atualmente eles raramente falham graças ao elevado nível de tecnologia empregada em sua construção. Da mesma forma, os vários instrumentos existentes na cabine de pilotagem de um avião moderno permite que ele seja operado com segurança nas mais variadas condições de tempo. Evidentemente, embora a tecnologia aeronáutica esteja em um estágio muito avançado, acidentes podem ocorrer, mas, quando

ocorrem, geralmente são efeitos de outras causas, que num processo de “efeito dominó”, pode terminar em catástrofe.

### **b) Homem**

É para ele que são criados os programas de segurança. A prevenção de acidentes, por sua natureza, não produz os efeitos desejados senão sob a forma de mobilização geral. Para alcançar seus objetivos, todos, sem distinção, têm que se integrar em um esforço global e, ao mesmo tempo, conscientizar-se de que a segurança deve ser algo inerente e integrante a tudo o que fazem. Logo, a segurança deve integrar todas as tarefas desenvolvidas em aviação e ser sempre encarada do ponto de vista profissional. As menores ações do dia-a-dia devem se cercar de um grau adequado de segurança. A segurança coletiva é, sem dúvida, o somatório da individual e somente através de um programa educativo bem dirigido lograr-se-á elevar os índices de segurança individual, elevando, em decorrência, a coletiva.

Não existe pessoa ou função dentro da atividade aérea que não seja importante para a segurança de vôo. Todas as pessoas, por mais simples que sejam suas atribuições, devem estar conscientes de que o seu desempenho é fundamental para a prevenção de acidentes. Um erro ou omissão de alguém que faz a limpeza de uma aeronave, ou de uma pessoa da área de carga, por exemplo, poderá ser um dos elos da cadeia de eventos que leva a um acidente.

O homem é o ponto frágil, em termos de segurança de vôo, do transporte aéreo. Um funcionário mal treinado, um operador de carga com pressa, um piloto cansado, podem, por exemplo, determinar, com uma ação inadequada, toda uma série de fatos. Os acidentes que serão relatados à frente demonstram que a movimentação de cargas pode provocar acidentes com prejuízos materiais, e, no extremo, com perdas de vidas.

### **c) Meio**

É onde, juntamente com a máquina, que podem ocorrer mudanças decorrentes de avanços de fatores tecnológicos. Evidentemente, parte do meio não está disponível para inovações, como os fatores climáticos, por exemplo, mas uma parte muito importante é sujeita a desenvolvimento tecnológico, e aí se localiza o escopo da proposta deste artigo.

## **Movimentação de carga dentro de aeronaves**

Segundo Martins (2006), as empresas que operam com carga aérea possuem equipes técnicas, altamente treinadas e capacitadas para cuidar do balanceamento, carregamento e descarregamento das aeronaves. Por balanceamento se entende o cálculo de distribuição de peso das cargas dentro da aeronave. Nesta etapa ocorre a definição da localização das cargas, geralmente acomodadas em *pallets* ou *containers* (figuras 3 e 4), em posições já demarcadas e numeradas dentro das aeronaves.



**Figura 3 – Preparação de *pallets* para acomodação da carga**

Fonte: Juliano Martins, 2005.

Fonte: Juliano Martins, 2005

**Figura 4 - Carga acomodada sobre *pallets***



Fonte: Juliano Martins, 2005.

As cargas devem ser acomodadas em *pallets* de modo a respeitar as dimensões dos compartimentos das aeronaves, assim como os *containers*, que também possuem gabaritos correspondentes ao espaço físico de cada aeronave.

O espaço físico das aeronaves é dividido em posições, padronizadas e claramente demarcadas, que serão ocupadas pelos *pallets* e *containers*, em razão do balanceamento entre o peso de cada um deles e a posição que ocuparão no avião, de modo a manter limites seguros entre o centro de pressão e o centro de gravidade da aeronave (assunto que será exposto à frente).

Após o balanceamento, cujo cálculo é feito por meio de computadores, se procede ao carregamento ou descarregamento das aeronaves (figuras 5 e 6). Esse processo envolve planejamento, segurança de voo e cuidados extremos em relação à integridade física da aeronave e das cargas.

**Figura 5 - Carregamento de porão de aeronave**



Fonte: Juliano Martins, 2006.

**Figura 6 - Descarregamento do Main Deck (compartimento superior) de aeronave**

Fonte: Juliano Martins, 2006.

Pela descrição desse processo, fica evidenciado que existe um ponto de ruptura entre a tecnologia de informação, que calcula o balanceamento ideal da distribuição da carga dentro das aeronaves, e a operação do carregamento ou descarregamento em si, que é feita manualmente, por empresas terceirizadas, com base numa planilha emitida pelo computador, com o desenho da localização da carga no avião.

A entrada no processo do que poderia ser chamado de “fator humano”, que em outras situações e circunstâncias é tão desejável, neste caso específico, pode significar falhas inaceitáveis para a segurança dos vôos, tal a necessidade de precisão que é preciso ser obtida no processo de distribuição do peso em uma aeronave.

A seguir são elencadas as razões dessa necessidade, e alguns exemplos de catástrofes ocorridas quando elas não foram atendidas, pela ação do “fator humano”.

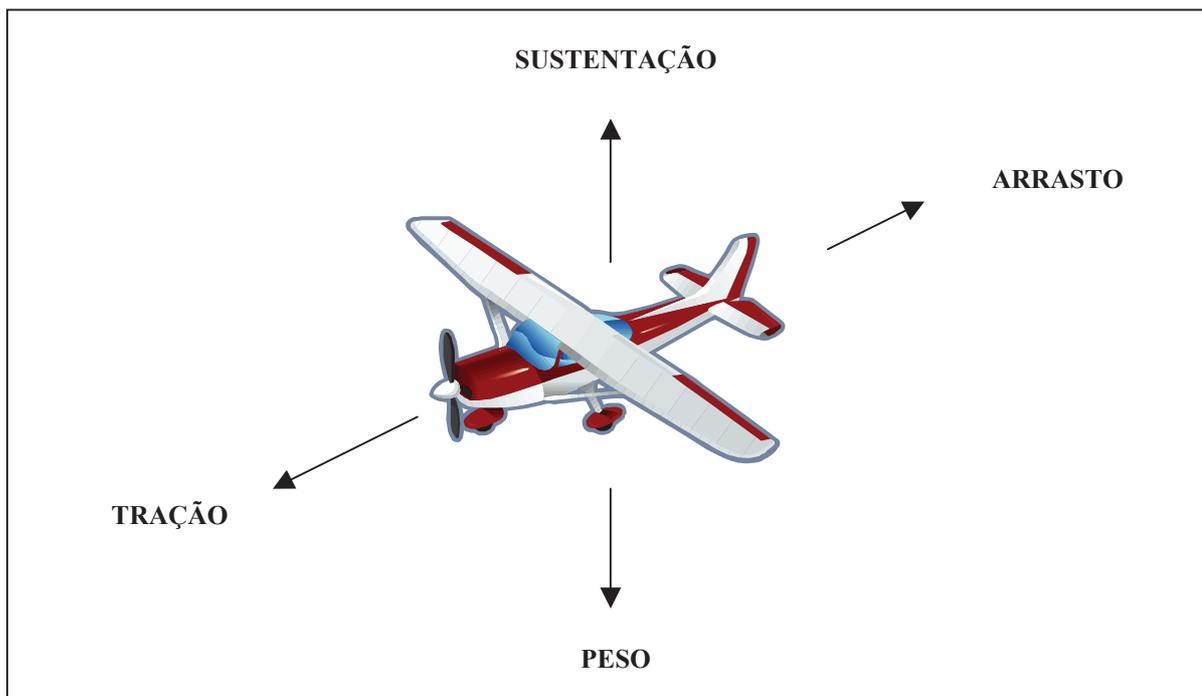
### **Razões aerodinâmicas**

Segundo o artigo “Choque de DC-8 com o solo é provocado por carregamento incorreto”, do *Air Safety Group*, de 2003, cujo texto foi retirado e adaptado de artigo publicado originalmente pelo *Accident Prevention Journal*, da *Flight Safety Foundation*, quando um avião está em pleno vôo, ele se comporta como uma balança bem equilibrada. Para que mantenha uma trajetória estabilizada, é necessário que as quatro forças básicas que definem essa trajetória estejam em equilíbrio. Estas forças são: sustentação ( $L = lift$ ), peso ( $W = weight$ ), tração ( $T = thrust$ ) e arrasto ( $D = drag$ ). Qualquer variação em uma dessas quatro forças faz com que o equilíbrio do avião se altere. Por exemplo, ao se aumentar a tração, aumentando a potência do motor, o avião irá aumentar a velocidade, o que implicará em aumento da sustentação (função do quadrado da velocidade) e do arrasto. Para que a trajetória se mantenha retilínea e uniforme, há necessidade de se contrariar a tendência à modificação da altitude para mais, atuando-se nos comandos o avião, que

buscará seu novo ponto de equilíbrio em uma nova trajetória, reta e nivelada, compatível com a nova velocidade.

A figura 7 demonstra os efeitos provocados na aerodinâmica do vôo das quatro forças básicas que precisam ser equilibradas:

**Figura 7 – As forças que influenciam um vôo**



Fonte: o autor

Para um melhor entendimento, convém relembrar alguns conceitos de física e de seus termos:

**Força** - É a causa da modificação do estado de repouso ou de movimento de um corpo.

**Força Resultante** - Uma força única que possa produzir em um corpo o mesmo efeito que um sistema de forças a ele chama-se resultante do sistema.

**Equilíbrio de um corpo** - Quando for nula a ação de um sistema de forças que atua sobre um corpo.

**Momento** - A medida da eficiência de uma força no que se refere a tendência de fazer um corpo girar em relação a um ponto fixo chama-se momento da força em relação a esse ponto.

**Centro de gravidade** - O ponto de aplicação da força resultante do peso de todas as partículas de um corpo se denomina centro de gravidade do corpo.

De acordo com Gevaerd (2006), o ponto aerodinâmico de aplicação de cada uma dessas forças não é o mesmo. Assim, exemplificadamente, o ponto de aplicação da sustentação é o centro de pressão, e localiza-se em um ponto da corda média aerodinâmica, compulsoriamente atrás do centro de gravidade, que é o ponto de aplicação do peso. Isto

faz com que, sempre que ocorre um desequilíbrio entre essas forças, o avião em vôo incorpore, permanentemente, um momento de mergulho, um momento de “picar” (tendência de abaixar o nariz), tendência esta que é contrariada pelo estabilizador, que gera força de sustentação negativa para neutralizar o momento de mergulho.

Na maioria dos aviões comerciais em uso, o porão de carga se localiza bem atrás do centro de gravidade. Isto faz com que o peso ali depositado determine um significativo deslocamento do centro de gravidade para trás, aproximando-o do centro de pressão. Hipoteticamente, no extremo, uma sobrecarga do porão poderia fazer com que o centro de gravidade ficasse atrás do centro de pressão. Neste caso, ocorreria uma situação de instabilidade catastrófica, porque, nessa situação, a lógica aerodinâmica do avião é totalmente contrariada. Ao invés de um momento de mergulho, o avião apresentará um momento de “cabragem” (tendência a erguer o nariz), contra o qual não há remédio aerodinâmico previsto. A perda do controle, nesse caso, é inevitável.

Evidentemente, o exemplo se refere a uma situação extrema que, provavelmente, já teria ocorrido ainda no solo, como é o caso dos exemplos 2 e 3 que serão expostos na sequência. É possível, entretanto, um avião aproximar-se de uma situação de instabilidade catastrófica por uma combinação de centro de gravidade muito atrás e centro de pressão muito à frente.

### **Situações de instabilidade catastrófica**

A adequada administração da armazenagem da carga nos porões dos aviões é fator fundamental para evitar uma situação de instabilidade catastrófica. Serão relatadas, a seguir, para justificar a importância do assunto, três situações onde isto não ocorreu e as catástrofes foram inevitáveis, sendo uma em vôo, com perdas de vidas, e duas em solo, com perdas materiais expressivas:

#### **1 - Miami, (2003)**

Durante a decolagem do aeroporto Internacional de Miami, um DC-8/61 perdeu sustentação e chocou-se com o solo, aproximadamente 915 metros após o final da pista, no pátio de estacionamento de automóveis de um supermercado, falecendo os tripulantes e pessoas no solo. Segundo a investigação, o acidente foi consequência do carregamento incorreto do avião, resultando em um centro de gravidade muito traseiro, induzindo os pilotos a utilizarem um ajuste de compensação incorreto, provocando um excessivo *pitch-up* durante a rotação.

O vôo fora planejado originalmente para ser realizado por um outro avião, também DC-8, porém com características diferentes, que não chegou no horário previsto. Com o replanejamento, nova distribuição da carga foi confeccionada, alterando as posições de alguns *pallets*, ficando as posições do porão 2 e 13 vazias. O funcionário que levou os documentos até a rampa não sabia da troca de aeronaves e pegou, no escritório, a ficha de distribuição da carga com o planejamento anterior, no qual seria baseado o carregamento. O supervisor de carga da empresa de rampa possuía pouca experiência em carregamento de aeronaves e não percebeu o equívoco.

O atraso provocado pela troca de aeronave fez com que o serviço de carregamento fosse executado apressadamente e com uma série de improvisos. Não foram travados vários *pallets*, pois a carga bloqueava a passagem dos funcionários. Como tentativa de correção, todos os *pallets*, a partir da posição 5, foram empurrados para trás, ocupando, assim, a posição 13, que ficaria vazia.

Não foi feita nenhuma tentativa para estabelecer como essas alterações afetariam adversamente a performance do avião. A investigação, embora não conclusiva, permite afirmar que, ou o peso declarado na folha de carga seria muito inferior ao real colocado no avião, ou o centro de gravidade estaria além do limite traseiro. De qualquer maneira, o equilíbrio aerodinâmico foi alterado e atingiu o limite de uma situação de instabilidade catastrófica. O resultado foi a perda de vidas, além do expressivo prejuízo material.

De menor impacto, embora não menos catastróficas, são as situações que ocorrem em terra, por ocasião do carregamento ou descarregamento de cargas em aviões. Nesses acidentes ainda não ocorreram perdas de vidas, mas os prejuízos materiais são muito importantes, chegando, em alguns casos, à perda total da aeronave. E esses acidentes são mais frequentes do que se possa imaginar.

A seguir, estão apresentadas duas situações dessas, onde, inclusive, em uma delas, ocorreu a perda total do avião, que precisou ser desmontado no próprio aeroporto:

## 2 – México (2006)

O acidente do tipo *tip-over* (inclinação sobre a cauda), ocorrido em abril de 2006 com a aeronave MD11F, em solo, no aeroporto internacional do México, quando um erro no descarregamento acarretou um prejuízo de US\$ 4 milhões, apenas com reforma e manutenção da aeronave, sem computar as perdas decorrentes dos cancelamentos obrigatórios de vôos ocasionados pela falta do avião sinistrado na malha logística da empresa, por um período de 3 meses, afetando de modo importante o desenho da malha aérea e, mais que tudo, os altos custos não mensuráveis no curto prazo com a perda de imagem da marca da empresa aérea (figuras 8 e 9).

**Figura 8 – Aeronave MD11F, *tip-over* no México – foto 1**



Fonte: autor desconhecido – correspondência eletrônica

**Figura 9 – Aeronave MD11F, *tip-over* no México – foto 2**



Fonte: autor desconhecido – correspondência eletrônica

### **3 – Miami (2004)**

Um desses acidentes, com uma empresa de carga aérea, já causou até mesmo a perda de uma aeronave, que foi o ocorrido em Miami, com uma aeronave Boeing 727F, que, no ato do descarregamento inclinou-se sobre a cauda, provocando uma deformação permanente na estrutura do avião, tornando a aeronave totalmente inutilizável, além de danificar parcialmente a carga que veio bater no fundo da aeronave (figuras 10 e 11).

**Figura 10 – Aeronave Boeing 727F, *tip-over* em Miami – foto 1**



Fonte: autor desconhecido – correspondência eletrônica

**Figura 11 – Aeronave Boeing 727F, tip-over em Miami – foto 2**

Fonte: [www.airlines.net](http://www.airlines.net)

Como se viu, um avião se comporta como uma balança bem equilibrada. Para que mantenha uma trajetória estabilizada, é necessário que a sustentação, o peso, a tração e o arrasto estejam em equilíbrio. Qualquer variação em uma dessas quatro forças faz com que o equilíbrio do avião se altere. E, para tornar o assunto ainda mais complexo, o ponto aerodinâmico de aplicação de cada uma dessas forças não é o mesmo. Por exemplo, o ponto de aplicação da sustentação é o centro de pressão, que localiza-se obrigatoriamente atrás do centro de gravidade, que é o ponto de aplicação do peso. Assim, a colocação da carga em um avião faz com que o peso ali depositado provoque o deslocamento do centro de gravidade para trás, aproximando-o do centro de pressão. Em casos extremos, uma sobrecarga do porão poderia fazer com que o centro de gravidade ficasse atrás do centro de pressão. Neste caso, ocorreria uma situação de instabilidade catastrófica, porque, nessa situação, a lógica aerodinâmica do avião é totalmente contrariada, tanto em vôo quanto em solo.

A metodologia atualmente utilizada pela maioria das empresas aéreas que transportam cargas, como se depreende pela narrativa dos exemplos utilizados neste artigo, não é suficiente para garantir, com segurança, que não ocorram situações de instabilidade catastrófica, pois, embora o processo de balanceamento da carga tenha início com a utilização de tecnologia de informação, sua implementação e conferência são feitas manualmente.

A atual utilização, por parte de muitas empresas aéreas, de funcionários especializados e treinados, os *loadmasters*, que acompanham os vôos, como parte da tripulação, desde a origem até o destino final, para gerenciar e conferir o carregamento e descarregamento das aeronaves, incluindo as operações que acontecem nas escalas, já pode ser visto como um avanço na direção da segurança, para limitar a possibilidade de ocorrência desse tipo de acidente. Entretanto, as próprias companhias aéreas que utilizam os *loadmasters*, como demonstrado em pesquisa empírica, não são unânimes em aceitar esse modelo como a solução para o problema.

Isso ocorre em razão de que nem o modelo atual, nem o modelo atual acrescido da atuação dos *loadmasters* são suficientes para garantir a inexistência de possibilidade de ocorrências de acidentes decorrentes do chamado “fator humano”. Tanto em um caso, como em outro, a verificação final é feita por pessoas, e pessoas são sujeitas a erros.

A entrada no processo desse “fator humano”, dados os limites exíguos que a necessidade de precisão na distribuição do peso em um avião obriga, pode introduzir uma variável inaceitável para a segurança dos vôos. Somente um modelo que eliminasse completamente o “fator humano” poderia ser considerado como suficiente para garantir completamente o balanceamento ideal de distribuição de cargas em uma aeronave. E esse modelo teria, necessariamente que contemplar, uma conferência eletrônica, via tecnologia de informação, dos trabalhos manuais de carregamento e descarregamento de cargas.

## Propostas

A proposta deste trabalho reside exatamente nesse ponto: no desenho de um modelo que elimine completamente a influência do “fator humano” no balanceamento do peso nas movimentações das cargas nas aeronaves.

Com o avanço tecnológico em máquinas e equipamentos industriais, a competição pelo mercado obriga as empresas a reduzir custos, tempos de manufatura e conseqüentemente prazos de entrega. Para que isso aconteça, torna-se necessário a implementação de sistemas eletrônicos de controle, muito rápidos, que possam medir a grandeza desejada, transformar esta determinada grandeza em linguagem de máquina, fazer um pós-processamento dos dados coletados, analisá-los, e posteriormente tomar uma decisão. Estes sistemas são utilizados em máquinas CN, CNC, robôs, linhas de montagem, e em tantos outros processos. Por que não no controle do balanceamento do peso nos carregamentos e descarregamentos de cargas nos porões dos aviões?

As aeronaves possuem, como visto anteriormente, em seus compartimentos de carga, um claro desenho de posições a serem ocupadas pelas cargas. Essas posições são pré-determinadas, numeradas e permanentes, para cada tipo e capacidade de aeronave. São utilizadas, pelos computadores das empresas aéreas, para balancear a distribuição dos *pallets* no porão do avião, conforme sua destinação e peso, de forma a garantir o mais perfeito equilíbrio possível entre as forças aerodinâmicas que influenciam uma aeronave em vôo.

De posse de um relatório de processamento desse balanceamento, emitido pelo computador da companhia aérea, os operadores de carga dos aeroportos carregam e descarregam os aviões, obedecendo a distribuição prevista naquele relatório. A conferência desse procedimento, atualmente, sempre é manual. A proposta deste artigo prevê que essa conferência passe a ser eletrônica, pela utilização de sistemas de controle similares aos utilizados pelas empresas em seus processos de manufatura.

Células de carga instaladas em cada uma das posições dos compartimentos de carga dos aviões podem permitir que um computador da aeronave processe o peso real colocado sobre cada uma dessas posições e compare com aquilo que foi previsto pelo computador da companhia aérea, cujos dados já teriam sido transmitidos para o avião. Assim, a tripulação,

após, ou até mesmo durante a operação de movimentação das cargas à bordo, poderia acompanhar eletronicamente o manuseio das mesmas, assegurando-se que a operação manual da empresa de carga tenha sido feita conforme o previsto, eliminando completamente a influência do “fator humano” no processo.

### Justificação Teórica do Modelo

Uma nova “era” sempre rompe com os paradigmas da anterior. Segundo Graeml (2000), muito do que era tido como verdade absoluta deixa de representar de forma adequada a realidade que antes tão bem explicava. Historicamente, isso sempre ocorreu em épocas de violentas transformações, como a que estamos vivendo atualmente. Os métodos e os procedimentos desenvolvidos para a situação anterior precisam ser reavaliados e, em muitos casos, abandonados, e novos modelos, que expliquem e ajustem-se melhor à nova realidade, precisam ser construídos.

A informática já não é apenas um centro de dados para processar transações e manter registros, como diz Graeml. A TI passou a ser um dos quatro principais recursos disponíveis para as empresas, juntamente com as pessoas, o capital e as máquinas. A adoção da TI implica a revisão dos processos, os quais freqüentemente necessitam ser redesenhados, pois a criação de sistemas para executar processos ruins resulta, apenas, na produção de erros em maior velocidade. É o que se tem chamado de automatização do caos.

A TI, que foi uma das responsáveis pela complexidade atual do mercado, pode ser entendida como uma importante ferramenta para a transformação radical dos processos, e, conseqüentemente, das empresas. A tecnologia permite que as empresas estabeleçam um diálogo em tempo real entre seus processos, fortalecendo a obtenção de resultados cada vez mais confiáveis. Em seu nível mais elementar, a contribuição da tecnologia é o da melhoria da eficiência e da eficácia na execução de tarefas que podem ser automatizadas, como é o caso do controle sobre a movimentação das cargas nos porões dos aviões.

### Configuração Teórica do Modelo

O novo desenho proposto compreende uma base de *hardware*, integrada às aeronaves, que permita não apenas a conferência por RFID – *Radio Frequency Identification Data*, da vinculação das cargas descritas em romaneio com os volumes físicos trazidos à bordo, mas também, a mensuração digital do peso de cada *pallet* vinculado a cada uma das posições de carga dos porões dos aviões. Essas informações, em tempo real, serão encaminhadas a um computador de bordo, previamente alimentado pelo processamento feito em terra, pela companhia aérea, sobre os volumes, pesos, destinos e localização dos *pallets* embarcados.

O computador da aeronave, num processamento não complexo, comparará os dados do relatório produzido pela companhia aérea com os dados do que efetivamente foi embarcado e posicionado no compartimento de carga, emitindo um relatório de divergências, e de seus efeitos sobre as forças aerodinâmicas que influenciam o voo do avião. Caberá ao comandante da aeronave a última palavra sobre se vai levantar voo mesmo com as divergências apuradas, por estarem dentro de margens de segurança aceitáveis, ou se exigirá retrabalho da empresa de carga do aeroporto.

A base de *hardware* necessária nas aeronaves compreende a instalação, em cada uma das posições de seus porões de carga, de equipamentos que permitam “ler” o peso depositado sobre ela, e transmitir essa informação, em tempo real, para um sistema instalado num computador de bordo.

De acordo com Carer e Carraro (2007), o processo de medir uma determinada grandeza, e transformá-la em outra grandeza no qual a linguagem de máquina ou computador entenda é denominada sensor. Células de carga são constituídas de um ou mais sensores extensométricos de resistência elétrica, conhecidos como *Strain Gage*.

Célula de carga é um dispositivo eletromecânico que mede a deformação ou flexão de um corpo e a transforma em uma saída de tensão. O sinal em microvolts é alterado proporcionalmente à medida que aplicamos uma carga em sua estrutura física. A célula é constituída de um ou mais extensômetros, e um circuito denominado ponte de Wheatstone. O tipo de aplicação da célula é o fator determinante para a escolha da quantidade de extensômetros e configuração do circuito da ponte.

As células de carga digitais na base da tecnologia de strain gage proporcionaram segurança e velocidade para as áreas de pesagem dinâmica. Além de todas as funções relevantes para os processos padrões de pesagem, as células de carga inteligentes também oferecem funções de controle para processos de classificação, permitindo que todos os dados relevantes possam ser aceitos como um sinal de saída filtrado, escalado e digitalizado diretamente no sistema de controle utilizado. E isso à uma taxa de medição de até 1200 medições por segundo.

Ainda segundo os mesmos autores, e apenas para demonstrar claramente o *hardware* necessário, o extensômetro de resistência elétrica é um resistor elétrico composto de uma grade metálica sobre uma camada isolante de substrato de polímero. Este é colado sobre uma estrutura operacional que é sensível à variação de sua resistência em função de uma carga aplicada, podendo-se então conhecê-la, medindo e verificando o comportamento da estrutura do extensômetro. Estas estruturas por sua vez, apresentam deformações que podem ser monitoradas de diversas formas, dentre as quais podem ser citados o relógio comparador, o detector eletrônico de deslocamento, detecção por fotoelasticidade, entre outros.

O strain gage é comumente utilizado nesse processo pela sua versatilidade. Um sensor de força ou de pressão, por exemplo, nada mais é do que uma estrutura mecânica planejada a deformar-se dentro de certos limites. O extensômetro realiza a medição em duas direções. A direção principal é a melhor escolha a ser feita, pois possui a maior sensibilidade, ao contrário da direção secundária que é dada pelo que, tecnicamente é conhecido como coeficiente de Poisson, sem tanta sensibilidade.

O circuito da ponte de Wheatstone é utilizado para medir o desbalanceamento entre os extensômetros e resistores, causado pela deformação sofrida da estrutura. O desbalanceamento é medido pela variação de tensão e posteriormente transformado na grandeza desejada. Existem diversos tipos de configurações de ponte, mas, o mais adequado, ainda segundo aqueles autores, seria a utilização da configuração conhecida como de ponte inteira, que consegue obter melhores resultados, por sua elevada sensibilidade.

### Limitações e Sugestões

O modelo proposto é conceitual, fruto de pesquisa teórica, carecendo de base empírica. Teoricamente foi submetido ao crivo da análise do Cubo de DeLone, em suas três dimensões: foco, tempo e abrangência (DeLone e McLean, 1993), e, sua avaliação, na opinião do autor, foi positiva.

A sugestão possível fica para as companhias de carga aérea, para que substituam os *loadmasters* em alguns de seus aviões, pela estrutura do modelo proposto, e depois de algum tempo, façam a medição do nível de satisfação dos tripulantes, com relação à segurança dos vôos, e dos clientes, já que esse tipo de segurança de vôo adicional também tem efeitos junto aos clientes, pela criação da imagem que pode criar de alta credibilidade quanto à certeza da entrega dentro dos prazos estabelecidos.

### Considerações Finais

O setor aeronáutico, por excelência, sempre foi fronteira de inovação e desenvolvimento de tecnologias. Até surpreende a descoberta de lacunas não amparadas por TI, como esta descrita neste artigo.

A utilização de TI nesse processo provocará benefícios diretos, facilmente quantificáveis pelos métodos de análise financeira tradicional, e também, benefícios futuros e intangíveis, como a melhoria da imagem da empresa na mente dos clientes, o que, certamente fará com que, a pioneira na implantação de acréscimos de segurança, como o proposto, possa melhorar seu posicionamento no mercado.

### Referencial

AIR SAFETY GROUP. *Choque de DC-8 com o solo é provocado por carregamento incorreto*. Texto adaptado de artigo publicado originalmente pelo *Accident Prevention Journal*, da *Flight Safety Foundation*, de 2003. Pesquisa em meios eletrônicos: <http://www.airsafetygroup.com.br/show.php?not=105&titulo=20>, acesso em 22/01/2008.

CARER, M.; CARRARO, E. *Célula de Carga*. Resultados de pesquisa. Universidade de Caxias do Sul. Divulgação em meios eletrônicos, em 2007: <http://www.uces.br/ccet/demc/vjbrusam/inst/cel61.pdf>, acesso em 20/01/2008.

DeLONE, W. H.; McLEAN, E. R. *Assessing the business value of information systems*, 1993, *apud* GRAEML, 2000, citado.

FRAGOSO, J. V. *Filosofia de prevenção*. Air Safety Group, 2006. Pesquisa em meios eletrônicos: <http://www.airsafetygroup.com.br/show.php?not=105&titulo=20>, acesso em 22/01/2008.

GEVAERD, R. *Cargas perigosas. Porões perigosos. Você em perigo*. Air Safety Group, 2006. Pesquisa em meios eletrônicos: <http://www.airsafetygroup.com.br/show.php?not=105&titulo=20>, acesso em 22/01/2008.

GRAEML, A. R. *Sistemas de informação: o alinhamento da estratégia de TI com a estratégia corporativa*. São Paulo: Atlas, 2000.

MARTINS, J. *Avaliação do uso de "loadmaster" em companhias de transportes aéreos*. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC. Campinas: Faculdades Fleming, 2006.