



A handwritten mark consisting of two parallel, slightly curved lines, resembling a stylized 'Z' or a checkmark.

## A PREVISÃO DO TRÁFEGO AÉREO DE PASSAGEIROS

Banca examinadora

Orientador: Prof. Dr. Michael Paul Zeitlin

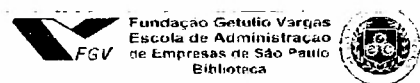
Prof. Dr. Antonio Carlos Manfredini C.Oliveira

Prof. Dr. Norberto Torres

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO

KLEBER GAERTNER DE GODOY

A PREVISÃO DO TRÁFEGO AÉREO DE PASSAGEIROS



1718/99



1199901718

Dissertação apresentada ao  
Curso de Mestrado da  
FGV/EAESP Área de  
Concentração: Administração  
da Produção e Sistemas de  
Informação como requisito  
para obtenção do título de  
Mestre em Administração.

Orientador: Michael P. Zeitlin

SÃO PAULO  
1997

Escola de Administração de Empresas de São Paulo	
Data 16.07	Nº de Chamada 656-7
Tombo 1718/99	G591p Dm.

SP-00014010-8

0027-23560

GODOY, Kleber Gaertner de. A Previsão do Tráfego Aéreo de Passageiros. São Paulo : EAESP/FGV, 1997, 97p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação da EAESP/FGV, Área de Concentração: Administração da Produção e Sistemas de Informação).

Resumo: O texto trata da questão da previsão do tráfego aéreo de passageiros. Caracteriza a importância do tema para o negócio das companhias aéreas. Aborda os aspectos mais importantes envolvidos, características específicas e revisa as metodologias utilizadas no âmbito da indústria de transporte aéreo. Ilustra a questão com a aplicação de um dos métodos para a solução de um problema real.

Palavras-Chaves: Previsão de Tráfego - "Forecasting" - Tráfego Aéreo - Transporte Aéreo - Métodos de Previsão.

## Sumário

1. IMPORTÂNCIA DO ASSUNTO .....	1
2. OBJETIVO DO TRABALHO .....	3
3. ASPECTOS GERAIS RELATIVOS AOS MÉTODOS DE PREVISÃO .....	4
3.1. Elementos característicos da atividade de previsão .....	4
3.2. Seleção das técnicas de previsão de tráfego .....	9
3.3. Identificação de padrões presentes nos dados .....	16
3.4. Aquisição e tratamento dos dados .....	19
3.5. O erro envolvido em previsões de tráfego .....	24
3.6. Projeções de agregados .....	28
4. REVISÃO DOS MÉTODOS DE PREVISÃO DE TRÁFEGO .....	32
4.1. Métodos Quantitativos .....	34
4.2. Métodos Causais .....	50
4.3. Métodos Qualitativos .....	65
5. APLICAÇÃO DO MODELO DE EQUILÍBRIO ESPACIAL .....	70
6. CONCLUSÃO .....	87
ABSTRACT .....	93
BIBLIOGRAFIA .....	94
ANEXO I - Glossário .....	96

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por terem mostrado o caminho.

Ao Eng. Manoel José Fontes Torres, Diretor de Planejamento da VARIG, pelo inestimável apoio.

Ao Professor Michael Paul Zeitlin, pela sua imprescindível ajuda e paciência, como Prof. Orientador deste trabalho.

Aos colegas do MBA, pela cooperação e companheirismo durante essa longa jornada.

Aos professores do MBA, por dividirem sua experiência e conhecimento conosco.

Aos funcionários da EAESP/FGV, por garantirem as condições mínimas.

## 1. IMPORTÂNCIA DO ASSUNTO

A previsão do tráfego aéreo de passageiros representa aspecto de fundamental interesse para uma ampla gama de participantes do cenário econômico mundial: fabricantes de aeronaves, companhias de transporte aéreo, empresas administradoras de terminais aeroportuários e governos nacionais. Os fabricantes utilizam a previsão do tráfego futuro para estimar o mercado potencial para compra de aeronaves comerciais. Companhias transportadoras baseiam seu planejamento de frota, isto é, a aquisição ou leasing de novas aeronaves, e a confecção de sua malha de vôos e localidades servidas, bem como a infraestrutura operacional, de pessoal e de manutenção, nas previsões de tráfego futuro de passageiros. As empresas de administração de aeroportos, sejam públicas ou privadas, estabelecem o tamanho de terminais de passageiros, a capacidade das pistas para pouso e decolagem, e toda a infraestrutura viária de acesso e integração dos terminais aeroportuários às outras modalidades de transporte a partir das previsões de comportamento do tráfego de passageiros (e de carga). Finalmente, os governos de cada país, e ultimamente, as comissões específicas pertencentes aos blocos de integração econômica, tem as previsões de tráfego futuro de passageiros como parâmetro indispensável para o estabelecimento das políticas referentes à aviação comercial. Políticas dizem respeito ao planejamento, orçamentação e gerenciamento do sistema de tráfego de aeronaves, e envolvem legislação, segurança e sistemas de monitoramento e comunicação. Os sistemas de auxílio às operações de aproximação e pouso (ILS - instrumental landing system) disponíveis nos aeroportos, o tempo de separação entre

aeronaves para pouso e decolagem, os sistemas de auxílio à navegação (GPS - global positioning system) e a cobertura territorial que os mesmos devem apresentar, todos são exemplos de elementos decorrentes das políticas estabelecidas pelas autoridades para o desenvolvimento e a operacionalização da aviação comercial.

A previsão do tráfego aéreo de passageiros representa, portanto, componente chave do processo de tomada de decisão para esses agentes do cenário econômico. Representa uma maneira de melhorar esse processo e, conseqüentemente, obter melhoria de performance nas operações e resultados econômico-financeiros. Especialmente no transporte aéreo de passageiros, por tratar-se de atividade intensiva em capital, a previsão de demanda torna-se fundamental como variável indicativa de viabilidade do negócio.

## **2. OBJETIVO DO TRABALHO**

Caracterizada a importância da previsão do tráfego aéreo de passageiros no âmbito da atividade econômica, o escopo desse trabalho estará centrado nos aspectos de previsão de tráfego no que diz respeito às companhias de transporte aéreo.

O objetivo desse trabalho, após uma caracterização dos elementos comuns à atividade de previsão de uma forma genérica, será o de relacionar e apresentar os principais métodos de previsão utilizados pela indústria do transporte aéreo, definindo suas características e condições de aplicação, precisão e confiabilidade. Pretende-se comentar a adequação ou não de cada método em relação às características específicas das situações de previsão.

Posteriormente, efetuar-se-á a aplicação prática de um determinado método ao contexto de um problema real de previsão de tráfego a ser solucionado.



### 3. ASPECTOS GERAIS RELATIVOS AOS MÉTODOS DE PREVISÃO

#### 3.1. Elementos característicos da atividade de previsão

Os elementos descritos a seguir encontram sustentação no texto de Spyros Makridakis, *Forecasting, Planning, and Strategy for the 21st Century*.

##### 3.1.1. Base científica

Toda atividade de previsão, baseada em *juízo pessoal* ou em ferramental estatístico, apresenta como pré-requisito a existência de um *padrão ou relacionamento* concernente ao evento de interesse. Sendo esse *padrão ou relacionamento* existente e passível de uma correta identificação, ele pode ser projetado de modo a se obter uma previsão sobre o seu comportamento futuro. Além disso, todas as formas de previsão com base científica utilizam-se de um mesmo procedimento: primeiramente, são localizados e coletados os dados referentes à questão; em segundo lugar um modelo estatístico é selecionado; terceiro, os padrões e relacionamentos envolvidos são identificados e medidos de forma precisa; em quarto lugar, as previsões são efetuadas pela projeção dos padrões e relacionamentos identificados no passo anterior; finalmente, o grau de incerteza das previsões pode ser estimado e utilizado para reduzir as consequências negativas de eventos inesperados.

### **3.1.2. Fatores que afetam a exatidão das previsões**

**3.1.2.1. Padrões e relacionamentos se modificam ao longo do tempo** - tais modificações tendem a elevar a inexatidão das previsões até que haja uma estabilização das condições, com novos padrões e relacionamentos sendo identificados e medidos, efetuando-se novas previsões. Principalmente no campo econômico e dos negócios, essas modificações são mais freqüentes e acentuadas.

**3.1.2.2. Influência humana nos eventos futuros** - ações empreendidas no sentido de evitar que previsões de ocorrência de eventos indesejáveis se concretizem, por exemplo, atuam no sentido de desviar os acontecimentos da trajetória inicialmente prevista. As próprias previsões podem, portanto, influenciar eventos futuros, contribuindo ou para a dificuldade e o aumento da incerteza na atividade de previsão ou, ao contrário, para a realização das chamadas “self fulfilling profecies”.

**3.1.2.3. Horizonte de tempo da previsão** - quanto maior o horizonte de tempo coberto pela previsão, maiores as chances de modificação nos padrões e relacionamentos, invalidando ou reduzindo a validade dos resultados da previsão. A exatidão das previsões diminui com o aumento do horizonte de tempo considerado.

**3.1.2.4. Mudanças tecnológicas** - quanto maior a taxa de inovação tecnológica em uma determinada indústria, maiores as chances de mudança nos padrões e relacionamentos

estabelecidos. A exatidão das previsões reduz-se relativamente à elevação na taxa de mudança tecnológica.

**3.1.2.5. Disseminação da informação** - quanto maior a velocidade de disseminação da informação, tanto menor será o valor de uma previsão, porque qualquer pessoa terá acesso à mesma informação, podendo chegar a previsões semelhantes. Isso torna praticamente impossível obter vantagens de previsões com elevada exatidão, uma vez que muitos outros buscarão fazer o mesmo. Maior vantagem representa uma previsão com menor exatidão, mas que possa ser obtida antecipadamente em relação aos concorrentes.

**3.1.2.6. Elasticidade da demanda** - quanto mais elástica a demanda, isto é, quanto maior a sua variação em função de fatores como o preço do serviço e a renda do consumidor, mais difícil se torna obter uma previsão exata sobre o seu comportamento. Para elementos de primeira necessidade, como alimentos e remédios, cuja demanda apresenta menor elasticidade, pode-se obter previsões mais exatas do que para elementos considerados supérfluos sob a ótica do consumidor, como é o caso das viagens aéreas, pelo menos no segmento de lazer. Um estudo<sup>1</sup> realizado pela organização australiana de turismo observou uma elasticidade-preço de -1.8 para o segmento lazer e de -1.2 para o segmento de negócios.

---

<sup>1</sup>ICAO, *Manual on Air Traffic Forecasting*.

**3.1.2.7. *Produtos de consumo versus produtos industriais*** - a demanda para produtos de consumo é mais exatamente prevista do que a demanda por produtos industriais. Isso se deve ao fato de que os produtos industriais são adquiridos por um número reduzido de compradores, geralmente dispondo de muita informação, fazendo com que um ou poucos entre eles possam influenciar significativamente o comportamento do mercado como um todo.

### **3.1.3. Horizonte de tempo das previsões**

Na indústria de transporte aéreo, os períodos de tempo considerados para a realização das previsões de tráfego de passageiros caracterizam-se como segue:

**3.1.3.1. *Previsões de curto prazo*** - envolvem geralmente um período que cobre de 6 a 12 meses e compreendem a extrapolação de um elemento inercial associado a um componente de sazonalidade. Evidências empíricas comprovam a existência de benefícios concretos na utilização de métodos estatísticos simples na realização de previsões de curto prazo e na estimativa de sua incerteza. No caso do tráfego aéreo de passageiros, em um horizonte de curto prazo é pouco provável que se verifiquem alterações bruscas no nível de demanda, até mesmo para mercados que se encontram em crescimento. Consequentemente, ferramentas computacionais capazes de fornecer projeções de tendência (linear ou exponencial) sobre o comportamento futuro do tráfego podem ser utilizadas com custos bastante baixos em termos de recursos humanos e de

sistemas. Decisões táticas e operacionais pertinentes ao transporte aéreo, como alocação de aeronaves às rotas, planejamento da manutenção das aeronaves, lançamento de campanhas promocionais ou de vendas, estão relacionadas aos resultados das previsões de tráfego de curto prazo.

**3.1.3.2. Previsões de médio prazo** - compreendem períodos que se estendem de 12 a 24 meses. Por ser essa uma extensão de tempo suficiente para a ocorrência de ciclos econômicos, compreendendo alternadamente recessão e expansão, que podem iniciar a qualquer momento durante o horizonte considerado, as previsões de médio prazo tornam-se muito mais difíceis e imprecisas. Durante a ocorrência de um ciclo (recessão ou expansão), todas as variáveis para as quais se pretende obter uma previsão sofrerão influência na mesma direção, aumentando o tamanho do erro incorrido. Infelizmente, ainda pouco foi desenvolvido no sentido de permitir a previsão sobre o momento da ocorrência e sobre o grau de profundidade de recessões e expansões econômicas. A execução de previsões de médio prazo justifica-se, assim como as de curto prazo, pela necessidade da tomada de decisões táticas e operacionais, bem como em função do planejamento orçamentário.

**3.1.3.3. Previsões de longo prazo** - seu horizonte de tempo se estende de 2 a 5 anos, podendo ir além desse limite. Os elementos críticos nas previsões de longo prazo são as tendências principais prevalentes, a sua duração futura, e o momento inevitável de sua transformação. Muitas das mudanças que requerem consideração já estarão presentes

nesse período entre 2 e 5 anos. Torna-se necessário, portanto, avaliar quais serão seus efeitos e o que pode ser feito para lidar ou conviver com tais alterações. A exatidão das previsões de longo prazo diminui drasticamente, à medida que muitas transformações ocorrem nos padrões e relacionamentos outrora existentes. Assim, o objetivo dessas previsões torna-se prover uma direção geral de desenvolvimento em relação à economia como um todo ou a uma indústria em particular, permitindo a identificação das principais oportunidades e ameaças porventura existentes. Previsões de longo prazo não podem ser específicas e serão sempre acompanhadas de um grande componente de incerteza. Neste caso, seu principal propósito não é melhorar a tomada de decisão, mas auxiliar a organização a gerar consenso em relação ao futuro. No transporte aéreo, decisões de caráter estratégico, relacionadas com os planos e objetivos corporativos, são geralmente derivadas das previsões de longo prazo. Definições sobre a compra de novas aeronaves, a abertura de novas rotas ou mercados, o investimento em novas instalações de manutenção, representam investimentos de grande envergadura que terão sua maturação e retorno ocorrendo em um futuro distante, exigindo, portanto, uma avaliação das condições de mercado de horizonte equivalente.

### **3.2. Seleção das técnicas de previsão de tráfego**

Embora o número de técnicas e modelos disponíveis para previsão de tráfego seja bastante elevado, geralmente a adequação correta para uma situação específica reduz esse universo a poucas alternativas, quando não a apenas uma. Nesse aspecto, verifica-se

de fundamental importância a consideração de determinados aspectos a serem utilizados para a identificação da técnica ou modelo mais adequado para a situação específica para a qual se pretende desenvolver a previsão, conforme Wheelwright e Makridakis especificam em sua obra *Forecasting Methods for Management*. Primeiramente, deve-se considerar os *elementos característicos da situação de tomada de decisão* que necessita do exercício de previsão.

### **3.2.1. Quanto aos elementos característicos da situação de tomada de decisão:**

**3.2.1.1. Horizonte de tempo** - O período de tempo sobre o qual uma decisão terá impacto e para a qual o executivo deve planejar afeta diretamente a seleção do método mais apropriado para a previsão. Geralmente, a seleção será feita considerando horizontes imediatos, de curto, médio ou longo prazos, com o período de tempo de cada categoria podendo variar em extensão em função das características da indústria.

**3.2.1.2. Nível de detalhe** - A seleção da técnica de previsão deve levar em conta o nível de detalhe que será requerido para que os resultados sejam de utilidade para a tomada de decisões. Por exemplo, para o planejamento corporativo não seria de grande valor a obtenção de previsões de tráfego para rotas específicas operadas pela empresa, enquanto para um gerente regional uma estimativa do tráfego doméstico total a ser transportado no próximo ano também pouca ajuda traria.

**3.2.1.3. Número de itens envolvidos** - A complexidade ou simplicidade relativa ao modelo escolhido dependerá do número de elementos para o qual se pretenda prever o comportamento futuro. Quando se deseja estimar o crescimento de um ou poucos elementos, a previsão pode-se utilizar de técnica mais rica em detalhes e complexidade do que quando centenas de previsões individualizadas necessitam ser preparadas.

**3.2.1.4. Controle versus planejamento** - As necessidades individuais em termos de decisão em cada uma dessas áreas diferem claramente: na primeira, busca-se antecipar quando um processo sai de controle, ou seja, um método de previsão deve ser capaz de reconhecer mudanças nos padrões de comportamento num estágio inicial; já em planejamento, pressupõe-se que os padrões serão mantidos no futuro, e a ênfase então, está em identificar tais padrões e projetá-los no tempo.

**3.2.1.5. Estabilidade** - A previsão sobre situações que apresentam grande estabilidade ao longo do tempo apresenta demandas bastante diversas em relação às situações em estado de maior fluidez. No primeiro caso, que se verifica, por exemplo, na confecção de previsões de tráfego para mercados maduros, com tendência a apresentar apenas um crescimento vegetativo no número de viagens, o método de previsão adotado pode sofrer avaliações periódicas em relação à sua adequação. Em situações de instabilidade, por outro lado, como as representadas pela instauração dos diversos planos de estabilização da economia brasileira durante as décadas de 80 e 90, que provocaram alterações



significativas no número de viagens aéreas, é necessário um método que possa sofrer adaptações contínuas aos resultados mais recentes obtidos.

**3.2.1.6. Processos de planejamento existentes** - A adoção de qualquer método de previsão para o comportamento futuro de um elemento de interesse muitas vezes implica em modificações nos processos de planejamento e tomada de decisão previamente existentes em uma companhia. E a resistência à mudança, como se sabe, é uma realidade na maioria das organizações. Consequentemente, torna-se muito importante, na escolha da metodologia a ser empregada no processo de previsão, a utilização de uma abordagem inicialmente relacionada aos procedimentos existentes, que ao mesmo tempo possibilite a gradativa incorporação de melhorias, de modo a contornar as possíveis resistências e tentativas de desvalorização.

Paralelamente às características da situação para a qual se pretende desenvolver um cenário de previsão, os envolvidos na tomada de decisão devem levar em conta, para a correta seleção da metodologia a adotar, as *características dos vários métodos de previsão* existentes. Apesar de haver uma interpenetração entre as características da situação acima relacionadas, e dos métodos de previsão, ambas devem ser consideradas separadamente no processo de seleção.

### **3.2.2. Quanto às características dos vários métodos de previsão:**

**3.2.2.1. Horizonte de tempo** - Dois aspectos destacam-se em importância: primeiro, a extensão em direção ao futuro do período de tempo que necessita ser coberto pela previsão. De um modo geral, os métodos qualitativos são mais utilizados para previsões de longo prazo. No longo prazo, todos os fatores que costumam embasar as previsões são variáveis, tornando praticamente impossível utilizar-se alguma relação entre aqueles fatores de forma estável. Sendo mais genéricos e flexíveis, e apenas buscando indicar tendências e direcionamentos, os métodos qualitativos comportam maior amplitude de modificação nas variáveis, o que métodos com relações mais rígidas não comportariam. Os métodos quantitativos, por sua vez, verificam-se mais adequados para previsões ditas imediatas ou de curto prazo. Por serem mais detalhados, apresentam condições de tratar aspectos importantes e que não sofrem alterações drásticas nesse horizonte de tempo como, p.ex., a sazonalidade do tráfego ao longo do ano. O segundo aspecto diz respeito ao número de períodos para o qual a previsão é desejada. Algumas técnicas são apropriadas apenas para previsão de um ou dois períodos à frente, enquanto outras podem ser utilizadas por diversos períodos em direção ao futuro.

**3.2.2.2. Padrão dos dados** - Subjacente aos vários métodos de previsão disponíveis existe um pressuposto sobre o tipo de padrão encontrado nos dados a serem manipulados. As séries de dados podem caracterizar-se pela sazonalidade bem como por uma tendência. Em outros casos elas podem simplesmente caracterizar-se por um valor

médio predominante, acompanhado de flutuações randômicas. Tendo os diferentes métodos variados níveis de habilidade para identificar e tratar esses diferentes padrões, deve-se buscar um casamento entre o padrão presumido presente nos dados e a técnica mais apropriada. No âmbito do transporte aéreo, um padrão marcadamente presente é o da sazonalidade. Períodos de férias escolares, datas comemorativas (Natal, Ano Novo, Páscoa, Finados) e eventos de negócios (feiras e congressos) são acontecimentos que caracterizam picos de demanda de diferentes amplitudes e extensões de tempo.

**3.2.2.3. Tipo de modelo** - Os métodos de previsão geralmente assumem algum modelo para a situação considerada para previsão. Este pode ser, por exemplo, uma série para a qual o tempo é o elemento importante na determinação das mudanças nos padrões existentes, ou apresentar natureza estatística, como no caso de uma regressão ou análise de correlação. Nos métodos causais, por outro lado, o modelo subjacente pressupõe a dependência da ocorrência de um mix de diferentes eventos. A importância do modelo subjacente não se refere à necessidade de o previsor entender o conteúdo matemático de cada um, mas entender que os pressupostos de cada um deles são diferentes e que as suas capacidades variam em função das diferentes situações de tomada de decisão em que os mesmos são passíveis de ser utilizados.

**3.2.2.4. Custo** - São quatro os elementos de custo normalmente envolvidos na utilização de um processo de previsão: desenvolvimento do modelo, coleta e armazenamento dos dados, operacionalização e custo de oportunidade em relação ao emprego de outras

técnicas. A variação nos custos apresenta impacto em relação a atratividade de diferentes técnicas para diferentes situações.

**3.2.2.5. Exatidão** - Este aspecto está diretamente relacionado ao nível de detalhe requerido para uma previsão. Existem casos em que qualquer valor entre mais ou menos 10% pode ser satisfatório, p.ex., no caso de previsão de tráfego para uma rota em que exista capacidade (número de assentos) excedente; enquanto em outros nem uma variação de 5% seria aceitável, como seria o caso de uma rota que já estivesse operando com elevados níveis de ocupação.

**3.2.2.6. Facilidade de aplicação** - Apenas os métodos e técnicas que podem ser compreendidos pelo seu aplicador são válidos para utilização em previsões de qualquer natureza. Como o aplicador é parte responsável pelas decisões tomadas a partir dos resultados das previsões, a escolha da metodologia necessita considerar a familiaridade para com a mesma do seu utilizador.

Consideradas todas as características, tanto da situação como das técnicas disponíveis, o que deve prevalecer na reconciliação final entre ambos é a relação entre valor e custo. A título de um guia para a seleção de um método de previsão, pode-se considerar quatro aspectos chave:

**A) o que deve ser previsto.** Estuda-se as características da situação, buscando identificar se trata-se de estimar a continuidade de um padrão histórico ou prever a ocorrência de um ponto de virada em um padrão básico.

**B) interação da situação com as características dos diferentes métodos de previsão.**

Aqui é importante considerar as mudanças relativas em valor e custo quando o nível de exatidão se modifica. Um método mais direto e mais econômico é preferível a outro mais sofisticado, mas que não acrescente muito em termos de exatidão.

**C) quantidade de dados históricos disponíveis.** Considerar ainda a quantidade de informação que os dados contêm e qual o acréscimo de custo para se obter dados adicionais. É preferível iniciar com uma ferramenta simples, que não requeira uma quantidade muito grande de dados e, à medida que uma maior quantidade possa ser acumulada, adotar então uma técnica mais sofisticada.

**D) tempo disponível para preparar a previsão.** A urgência com que a previsão é requerida determina muitas vezes a escolha do método a ser utilizado, juntamente com o tempo necessário para a eventual coleta dos dados necessários.

### **3.3. Identificação de padrões presentes nos dados**

Os dados econômicos ou de natureza operacional utilizados em previsões geralmente são caracterizados por possuírem embutidos um determinado padrão de comportamento ou mesmo uma combinação de padrões, que é o caso mais comum, a saber, *tendência, horizontalidade, sazonalidade e ciclo*. Uma *tendência* existe quando

prevalece um padrão de crescimento ou declínio nos dados ao longo do intervalo de tempo considerado. Um *padrão horizontal ou estacionário* existe quando os dados encontram-se uniformemente distribuídos ao longo do tempo, ou seja, não se verifica crescimento ou declínio aparente no intervalo considerado. A *sazonalidade* caracteriza-se quando determinados fatores causam influência em diferentes níveis de acordo com os meses ou dias da semana. Por sua vez, o *padrão cíclico* se manifesta quando os dados são influenciados por flutuações econômicas de longo prazo relacionadas com os ciclos econômicos, estendendo-se essa influência por períodos de tempo bastante maiores do que no caso dos padrões sazonais. O padrão cíclico não possui duração fixa, como a sazonalidade, e é de muito mais difícil predição do que aquela.

Identificar o tipo de padrão que se espera encontrar em uma determinada situação é um passo importante na seleção do método de previsão a ser utilizado, porque alguns dos métodos são muito mais flexíveis e podem tratar com uma variedade maior de padrões do que outros. Adicionalmente, alguns métodos de previsão podem ser mais bem sucedidos em tratar com determinado tipo de padrão por serem exatamente adaptados para o mesmo.

Considerando-se os métodos quantitativos aplicados para previsões, a *média* e o *alisamento simples* são adequados para utilização apenas com dados cujo padrão subjacente seja o horizontal. Técnicas de *alisamento de mais alta ordem* podem tratar com padrões correspondentemente mais complexos. Os *métodos de regressão* podem, com alguma adaptação, tratar dados que embutem a maioria dos padrões, com exceção daqueles caracterizados estritamente pela horizontalidade. Mais abrangentes, os *métodos*

*de decomposição* podem tratar dados com todas as combinações de horizontalidade, tendência, sazonalidade e componentes cíclicos.

Determinados métodos quantitativos são mais apropriados para certos padrões de dados do que outros. De um modo geral, essas técnicas encontram dificuldade em manipular componentes cíclicos e em prever pontos de inversão de tendência, saindo-se muito melhor quando lidam com elementos sazonais, horizontais e de tendência. Os chamados *métodos de controle*<sup>2</sup> (filtragem adaptativa e Box-Jenkins) adequam-se em geral para dados com sazonalidade e podem suportar bastante bem variações cíclicas. No entanto, encontram dificuldade em distinguir entre os fatores sazonais e cíclicos diretamente, exigindo uma grande quantidade de trabalho prévio por parte do aplicador da técnica. Os *métodos de decomposição*<sup>3</sup> (Census II, Foran) , por sua vez, são poderosos no tratamento do fator cíclico e podem prover mais informação do que qualquer outro método em relação à previsão de mudanças de tendência. Finalmente, a *regressão múltipla* e os *modelos econométricos* são capazes de lidar com ambos os fatores, sazonalidade e ciclo, quando estes puderem ser isolados por meio de uma relação causal envolvendo variáveis *dummy* e outros fatores econômicos. No entanto, a necessidade de se prever separadamente os valores das variáveis independentes antes de utilizar a

---

<sup>2</sup>Para maiores referências aos métodos de controle, ver:

BOX, G.E., and JENKINS, G.M., 1976. *Time Series Analysis*. 2nd ed. Holden-Day : San Francisco.

MAKRIDAKIS, S. and WHELLWRIGHT, S.C., and McGEE, V.E., 1983. *Forecasting: Methods and applications*. 2nd ed. New York : Wiley.

<sup>3</sup>Quanto à métodos de decomposição, ver:

SHISKIN, J., YOUNG, A.H., and MUSGRAVE, J.C., 1967. *The X-11 variant of the census II seasonal adjustment program*. Technical paper no. 15. Bureau of the Census.

análise regressiva para a previsão das variáveis dependentes restringe, em alguma extensão, a sua utilidade prática.

Uma outra dimensão relativa aos padrões presentes nos dados, que necessita consideração quanto à seleção do método de previsão, refere-se à existência ou não da *autocorrelação*, isto é, a dependência entre sucessivos valores de um conjunto de dados. Alguns métodos, como a regressão, são não apenas inapropriados para tratar com séries de dados autocorrelacionados, mas encontram na simples presença da autocorrelação uma violação dos pressupostos básicos dessa técnica. Outros métodos, como a filtragem adaptativa e Box-Jenkins, apoiam-se na autocorrelação como um caminho básico de descobrir o padrão subjacente presente nos dados. As técnicas de decomposição são, por sua vez, neutras em relação à existência da autocorrelação. Finalmente, os métodos de alisamento e de controle utilizam a existência da autocorrelação nos dados para a obtenção de suas previsões. Em geral, quanto maior o grau de autocorrelação, mais apropriado é o uso das técnicas de controle. Por outro lado, quando a autocorrelação é pequena, um método regressivo verifica-se apropriado. Através de transformações nos dados, a autocorrelação pode ser eliminada e a aplicação da análise regressiva tornar-se adequada.

### **3.4. Aquisição e tratamento dos dados**

O papel dos dados é central em relação à qualquer aplicação ou desenvolvimento de método de projeção, principalmente quando se tratar da utilização dos métodos



quantitativos, os quais requerem a reunião de quantidades consideráveis de dados antes da sua efetiva utilização na execução das projeções. O conhecimento sobre as características dos dados contribui para a aplicação adequada dos métodos de previsão e para a determinação da exatidão e do nível de confiança que os resultados apresentarão.

Os elementos genéricos a seguir foram extraídos da obra *Forecasting Methods for Management*, de Wheelright e Makridakis.

**3.4.1. Definição das variáveis de interesse** - Nem sempre a variável ou as variáveis de interesse em uma projeção são conhecidas e encontram-se exatamente definidas, principalmente quando se trata de situações ou elementos sobre os quais não se realizou exercícios anteriores de projeção. Portanto, uma das primeiras tarefas em relação a projeções que se referem a novas aplicações, diz respeito à determinação da variável objeto da projeção que será de maior utilidade para o gerenciamento ou tomada de decisão e para a qual é factível a obtenção de informações históricas.

Essa definição relaciona-se diretamente com o propósito da projeção, isto é, planejamento ou controle. No primeiro caso, de informação para planejamento, em que estão envolvidas atividades tanto internas como externas à empresa, um grande número de variáveis deverá ser objeto de projeção. Quanto à informação necessária para controle, é geralmente de natureza interna e os dados necessários, na maioria dos casos, são de mais fácil obtenção, por já estarem disponíveis em sistemas existentes ou poderem ser facilmente agregados aos mesmos.

A real contribuição que a projeção obtida trará para o gerenciamento irá determinar cinco aspectos fundamentais relativos à definição da variável a ser projetada: o período de tempo que deverá ser coberto por cada valor da variável; o nível de detalhe requerido; a frequência com que os dados são requeridos; a unidade de medida apropriada; e o nível de exatidão necessário.

A variável de maior interesse para a projeção do tráfego de passageiros é o dado conhecido por *true O&D*, que significa uma informação contendo tanto a localidade de *origem* como a localidade de *destino* efetivos do passageiro em relação à viagem, independente do número de conexões por ele efetuadas. Essa informação geralmente não está disponível a nível da indústria como um todo, por não ser divulgada pelas companhias aéreas. O dado tornado público contém somente a informação de origem e destino no voo, não detalhando se o passageiro provém de outro voo anterior à origem informada nem se prosseguiu em um voo posterior ao destino informado. A informação contida nos dados *true O&D* é de extrema importância para planejar uma oferta de serviços que o mercado realmente necessita.

**3.4.2. Período de tempo coberto por cada valor da variável** - Em termos práticos, a maioria das atividades de negócios pode ser considerada como acontecendo continuamente. No entanto, por razões contábeis, torna-se necessária a definição de algum período de tempo e a sumarização do valor de cada variável para aquele período de tempo. Para a definição do período de tempo a ser coberto por cada observação é necessário considerar a aplicação desejada para a projeção. Decisões que envolvem o

longo prazo geralmente utilizam-se de projeções baseadas em valores de dados referentes a períodos extensos, p. ex., valores anuais. Por outro lado, projeções que visam o controle de operações de curto prazo devem ser baseadas em valores de dados que cobrem períodos equivalentes em duração.

**3.4.3. *Nível de detalhe requerido*** - Paralelamente ao período de tempo coberto por cada valor da variável, deve-se atentar para o nível de agregação dessa mesma variável. Em alguns casos pode ser satisfatório projetar as vendas para todos os vôos da empresa; em outra situação, essa projeção deverá ser feita por classe tarifária. Significativas economias de custo podem ser obtidas se houver, em uma fase inicial, definições claras e precisas quanto ao nível de agregação requerido para as projeções. A percepção tardia de que seria necessário um nível maior de detalhes na coleta de dados é quase sempre desastrosa em termos de custo e *timing*. De um modo geral, verifica-se quase sempre mais eficiente coletar os dados ao maior nível de detalhes possível e, posteriormente, se necessário, proceder então à sua agregação. O caminho inverso tem se mostrado invariavelmente mais custoso.

**3.4.4. *Frequência com que os dados são requeridos*** - Esse aspecto encontra-se diretamente relacionado com o período de tempo coberto por cada valor da variável. Entretanto, o fator a determinar a frequência da coleta é geralmente a necessidade de utilização dos dados. Assim, se os dados são utilizados em uma base anual, não há necessidade de coletá-los após um ou dois dias da ocorrência do evento. Se, no entanto,

os mesmos são necessários a um controle em bases diárias, devem ser coletados em uma frequência correspondente.

**3.4.5. Unidade de medida** - Porque os sistemas contábeis historicamente trabalham com registros em valores monetários, no processo de coleta de dados ocorre a conversão de uma unidade natural qualquer para a unidade monetária antes que o dado seja efetivamente armazenado, o que, para o processo de previsão, representa uma perda de informação. Portanto, uma importante etapa do projeto e definição de uma aplicação de previsão refere-se à definição da unidade mais apropriada para uso. Como regra geral, a unidade a ser utilizada deveria ser aquela que pudesse ser naturalmente associada à variável. E tais unidades só deveriam ser convertidas após o armazenamento dos dados em seu estado natural, permitindo assim a recomposição dos mesmos em sua forma original sempre que fosse necessário efetuar qualquer manipulação sobre os mesmos.

**3.4.6. Nível de exatidão requerido** - Previsões com diferentes objetivos requerem diferentes níveis de exatidão. Dois fatores determinam esse nível: a importância da questão gerencial envolvida e o papel da própria previsão em relação a essa situação. Se a previsão necessária para uma questão gerencial de grande importância representar apenas um papel periférico, então o nível de exatidão requerido não será elevado. Por outro lado, uma previsão a respeito de uma variável pode servir de base de decisão para uma questão gerencial de média importância. Nesse caso, um alto grau de exatidão seria desejado. Como um aumento de exatidão é geralmente acompanhado de um aumento

nos gastos, cada nova situação envolvendo previsões requer que uma relação de compromisso seja assumida no processo de definição do nível de exatidão desejado.

Recomenda-se que a definição da variável a ser utilizada na previsão seja acompanhada da definição de variáveis alternativas, que possam substituir a variável básica ou que possibilitem o fornecimento de informações adicionais de validade para a situação em questão.

Um recomendação final quanto à definição e especificação da variável envolvida na previsão refere-se à determinação do valor da previsão. Este relaciona-se ao nível de exatidão requerido e à importância da questão gerencial envolvida. Nesta fase de definição dos dados, pelo menos uma estimativa do valor da previsão é necessária, para que o custo de procedimentos alternativos de coleta de dados possam ser avaliados e mantidos abaixo do valor dos próprios dados.

### **3.5. O erro envolvido em previsões de tráfego**

Assim como é uma verdade o fato de uma previsão sobre o comportamento futuro de uma variável qualquer não poder ser mais exata do que os dados a partir dos quais ela foi gerada, também é verdade que geralmente há omissão em verificar-se a acuracidade dos dados básicos que sustentam uma previsão, particularmente em situações em que publicações e informações de terceiros são utilizadas como fontes dos dados. Infelizmente, muito pouca informação referente à exatidão é fornecida juntamente com as séries de dados publicadas.

É praticamente indispensável que se determine o nível de exatidão dos dados antes de sua utilização na execução de uma previsão. Sendo o valor de uma previsão diretamente dependente da exatidão dos dados subjacentes, somente o conhecimento sobre essa exatidão permitirá que se determine o valor da previsão referente à uma determinada situação.

Os erros verificados tanto na coleta de dados originais como relacionados à utilização de dados publicados originam-se de sete fontes principais:

**3.5.1. Método de amostragem** - Apesar de existirem métodos de amostragem bastante desenvolvidos no campo da estatística, esses não são empregados extensivamente na coleta de dados. Sua utilização poderia garantir a redução dos desvios e da falta de representatividade das amostras.

**3.5.2. Erros de medição** - Ocorrem nas fases de coleta e processamento dos dados. Variam de coletar a informação errada a erros de digitação que resultam na alimentação de sistemas também com informação incorreta. As chances de ocorrência diminuem com uma maior automatização no processo de medição e uma menor interferência do elemento humano na transformação dos dados.

**3.5.3. Informação falsificada** - Muitas vezes a informação é deliberadamente sonegada ou falsificada por empresas ou indivíduos quando submetidos a uma pesquisa. É fundamental certificar-se de que os dados obtidos contêm exatamente a informação que

se procura. Em fontes publicadas é particularmente difícil determinar o que os dados realmente representam e qual a probabilidade de os mesmos embutirem informações disfarçadas.

**3.5.4. Questionários mal formulados** - Neste caso, os possíveis erros estendem-se desde a inabilidade do indivíduo que responde ao questionário para entender exatamente a pergunta até o desejo de evitar parecer ignorante pelo fato de deixar uma questão em branco.

**3.5.5. Dados agregados** - A coleta de dados a partir de grandes populações pode levar a erros provocados pelo fato de se omitir parte dessa população ou por contar duplamente elementos da mesma. Outra situação diz respeito à sobreposição de períodos de tempo que eventualmente ocorre com os dados de fontes publicadas, tornando difícil a organização desses dados em um modo significativo.

**3.5.6. Classificação e definição** - Representam dois dos mais importantes aspectos da coleta de dados, especialmente em casos em que a empresa produz uma gama variada de produtos ou serviços. Considerando-se uma empresa aérea que opere nos mercados doméstico e internacional, transportando passageiros a negócios e turismo, oferecendo diferentes classes de serviço e praticando diversos níveis tarifários, essa questão se torna particularmente relevante.

**3.5.7. Fatores temporais** - Esse aspecto é particularmente importante em relação a sistemas contábeis. Empresas que utilizam o regime de caixa ao invés do regime de competência irão gerar relatórios financeiros que não refletem exatamente sua atividade econômica durante o período em questão.

Uma fonte adicional de erro no uso de dados com fins de realizar previsões refere-se à possível mudança nas características da amostra ou da população ao longo do tempo, em que diferentes observações serão registradas. Se as técnicas de previsão geralmente utilizadas pressupõem que os dados usados provêm de uma amostra homogênea, a mudança nas relações e na natureza da amostra ao longo do tempo irá provocar erros substanciais nos dados coletados.

Finalmente, outro aspecto relacionado com a exatidão dos dados e com a definição da variável a ser utilizada na previsão foi definido como *dado funcionalmente falso*. Um bom exemplo verifica-se com a construção de índices de preços. Tais índices são geralmente baseados em preços publicados, que raramente são aqueles nos quais as transações efetivamente ocorrem. Os preços das tarifas aéreas são um bom exemplo, sendo praticados descontos sob as mais diversas formas: relativos a baixa temporada, incentivos a novos mercados, vôos de baixa ocupação, *upgrade* de cabine, etc. Uma solução para esse tipo de problema é garantir que a variável para a qual os dados serão coletados seja apropriadamente definida e que etapas de verificação sejam efetuadas para assegurar que os dados coletados representam realmente a variável anteriormente definida.



### 3.6. Projeções de agregados

É bastante comum a tentativa de efetuar projeções que se compõem, na realidade, de um agregado de diversas séries temporais: por exemplo, a demanda semanal por um produto estimada como sendo a soma da demanda diária, ou a demanda regional como uma composição da demanda em diversas localidades. Exemplo específico de agregado relativo ao transporte aéreo seria o total de reservas por dia para um determinado voo, que na verdade se distribuem em diversas classes de tarifa ou itinerários possíveis. Neste caso, as questões envolvidas dizem respeito não somente ao método mais adequado a ser empregado para a previsão, como também a se a projeção mais acurada seria obtida diretamente a partir de uma série temporal agregada (*direct forecast*) ou através da adição das projeções das diversas séries de dados individuais (*bottom up forecast*). As considerações a seguir baseiam-se no artigo *Aggregating Forecasts*, assinado por Stewart, D., incluído na revista *Scoregard*, terceiro trimestre de 1996, publicação voltada para a área de *revenue management* do transporte aéreo<sup>4</sup>.

Ao se empreender a projeção de uma série temporal que pode ser desagregada, uma das primeiras considerações deverá ser quanto ao custo envolvido na sua obtenção. Se os dados agregados são mais facilmente disponíveis ou se o esforço para realizar as projeções de forma individualizada for muito elevado, pode ser desejável optar pela projeção *direta* dos dados agregados, apesar da redução na exatidão dos resultados. Por outro lado, se projeções individuais podem ser obtidas a um custo baixo, vale a pena

---

<sup>4</sup>Para referências adicionais, ver também:

BATCHELOR, Roy, DUA, Pami. Forecaster Diversity and the Benefits of Combining Forecasts. *Management Science*, v.41, n.1, p. 68-75, Jan.1995.

considerar seu uso para posterior obtenção das projeções de agregados, ao invés de desenvolvê-las de forma independente. Por exemplo, projeções da demanda diária para um determinado vôo, desenvolvidas com o objetivo de fornecer subsídios a um sistema de gerenciamento de receita, podem ser utilizadas para compor projeções da demanda semanal ou mesmo mensal para aquele vôo.

Argumentos a favor de projeções *diretas* (*direct forecast*) a partir de séries agregadas sustentam que elas seriam superiores por apresentarem menos flutuações, com suas variações positivas e negativas tendendo a se neutralizar mutuamente. Também seriam de mais fácil especificação as equações para modelos agregados. Entretanto, seriam menos sensíveis a mudanças no sistema e também poderiam incorrer em erros de estimativa derivados da utilização de pequenas amostras.

A favor das projeções a partir de *séries individuais* (*bottom up forecast*) encontra-se o argumento de que uma maior quantidade de informações é boa por si só. Outro argumento defende que, ocorrendo os processos nos níveis mais baixos e sua modelagem dando-se nesses mesmos níveis, evita-se a introdução de erros que ocorreriam ao agregar-se os dados antes da modelagem. Assim, a adição de projeções individualizadas apresentariam menor erro de estimativa devido a pequenas amostras, melhor precisão na estimativa de parâmetros e melhor capacidade para identificar erros de especificação de parâmetros e escolher métodos alternativos. Um benefício adicional da estratégia *bottom up* é que as projeções agregadas sempre podem ser reconciliadas com as projeções das séries individuais. Entretanto, se houver maior probabilidade de

erros na medição de dados no nível elementar do que nível de agregado, a projeção *direta* pode ser preferível.

### 3.6.1. Definição do nível de desagregação adotado para uma projeção

As orientações a respeito do nível adequado de desagregação das séries temporais a serem projetadas tomam por base uma estimativa das variâncias dos erros das projeções (e não as variâncias das próprias séries temporais).

Na comparação entre as variâncias dos erros das projeções *bottom up* e *direta*, aquela que apresentar a menor variância representa a melhor alternativa para se utilizar na confecção das projeções. Em geral, pode-se considerar:

- A) projeções tipo *bottom up* serão provavelmente melhores quando as correlações entre os erros de projeção dos componentes da série de dados tendem a ser negativas. Isto pode ocorrer quando o aumento da demanda por um produto causa uma diminuição na demanda por outro, sendo o erro da projeção positivo para um dos produtos e negativo para o outro;
- B) inversamente, quando a correlação dos erros da projeção das séries de dados tende a ser positiva, as projeções *diretas* serão provavelmente melhores. Tal situação pode ocorrer quando a demanda por todos os produtos é afetada de forma equivalente por algum fator externo, assim afetando os erros de projeção de modo similar para cada série de dados;

C) projeções *bottom up* podem ser preferidas quando os erros de projeção de cada série componente apresentar aproximadamente a mesma variância. Caso as variâncias dos erros das projeções apresentarem grandes diferenças, as projeções *diretas* seriam provavelmente melhores.

É importante observar que tais orientações independem da metodologia de projeção que se pretenda utilizar. Entretanto, existem situações específicas em que as alternativas *bottom up* e *direta* produzem os mesmos valores de projeção. Como exemplo, o simples alisamento (*smoothing*) do nível de demanda e a projeção de tendência utilizando o método Holt's<sup>5</sup>, para qualquer número de elementos considerados, produzirá os mesmos resultados a partir de projeções *diretas* ou *bottom up*, se as constantes de alisamento empregadas forem as mesmas para os componentes individuais e para a série agregada.

---

<sup>5</sup>Veja: MONTGOMERY, D., JOHNSON, L. Forecasting and Time Series Analysis. New York: McGraw-Hill, 1976.

#### 4. REVISÃO DOS MÉTODOS DE PREVISÃO DE TRÁFEGO

A indústria do transporte aéreo utiliza-se de uma significativa variedade de técnicas de previsão na tentativa de antecipar a demanda futura em número de passageiros. O orçamento anual das empresas e muitas de suas decisões estratégicas e operacionais serão derivadas das previsões de tráfego de passageiros e de carga.

A obtenção de estimativas de tráfego futuro envolve diferentes tipos de previsão, cada qual possuindo diferentes problemas metodológicos:

- A) As empresas de transporte aéreo necessitam prever o *crescimento do tráfego existente*, assumindo a continuidade das operações atuais, sem mudanças significativas em tarifas ou outros aspectos da oferta.
- B) Em outra situação, interessa a *resposta da demanda à uma modificação nas condições da oferta*. Tal modificação pode incluir um aumento ou redução no nível tarifário, troca de equipamento de *narrow-body* para *wide-body*, aumento do número de frequências ou mudança nos horários de partida. Essas mudanças podem estar em estudo pela própria empresa ou podem ser impostas pelos seus concorrentes. Em qualquer dos casos é necessário tentar prever a reação do mercado. A dificuldade em avaliar o impacto de modificações no nível de serviço sobre a demanda do mercado advém da mútua interação existente entre a demanda por, e a oferta de, serviços de transporte aéreo.
- C) Um problema diferente relaciona-se com a tentativa de prever a *demand a em uma nova rota* que a empresa pretenda servir. Tal rota pode não contar com qualquer tipo de

ligação aérea ou possuir apenas ligações efetuadas pelos concorrentes. Em qualquer dos casos, a empresa interessada em servir esse mercado não possui experiência nem dados históricos de tráfego sobre os quais basear sua tentativa de previsão, principalmente se não houver ligação aérea anterior. Esse tipo de previsão apresenta claras dificuldades e apresenta maiores riscos de erros nos resultados obtidos.

D) As empresas aéreas interessam-se ainda pela previsão para os *diferentes segmentos* existentes no tráfego de passageiros. Esses segmentos são derivados a partir de variáveis como propósito da viagem - lazer, negócios ou visita a parentes e amigos - e requisitos de serviço, apresentando diferentes elasticidades-preço e podendo crescer a taxas diferenciadas. Existem autores<sup>6</sup> que defendem o uso de previsões por segmento como forma de obter, através da sua posterior agregação, previsões mais acuradas para o mercado de passageiros como um todo. No entanto, ainda são poucas as companhias aéreas - geralmente as maiores - que desenvolvem previsões de tráfego diferenciadas por segmento de forma mais extensiva.

As metodologias mais utilizadas no âmbito do transporte aéreo, em muitos casos de forma combinada, resumem-se a três grupos, que apresentam complexidade crescente: *métodos qualitativos*, *métodos quantitativos* (projeção de séries temporais) e *métodos causais*.

Dados os diferentes objetivos, a diversidade das questões envolvidas, e as diferentes metodologias disponíveis, resta ressaltar a dificuldade em se obter previsões que reflitam exatamente a realidade futura ou que representem um consenso entre os

---

<sup>6</sup>Rigas Doganis, *Flying off Course* (p.231).

diferentes participantes da indústria do transporte aéreo. Essa última situação pode ser ilustrada pela tabela a seguir, na qual se apresenta um sumário das previsões da indústria sobre o número de passageiros em RPK (revenue pax<sup>7</sup> kilometers) para 1997:

Autor	Tipo de modelo de previsão	RPK (bilhões)	Índice
ICAO	Causal	3.063	147
MC Donnell Douglas	Causal	2.766	133
Airline Monitor	Híbrido	2.692	129
Rolls-Royce	Híbrido	2.655	127
Airbus Industrie	Causal	2.566	123
Boeing	Causal	2.523	121
Pratt & Whitney	Causal	2.437	117
General Electric	Projeção de tendência	2.194	105
Avmark	Projeção de tendência	2.083	100

*Fonte: Professor R. Doganis, notas de aula não publicadas*

Tais previsões foram desenvolvidas em 1987/1988. Observa-se que a estimativa mais otimista é 47% maior do que a mais modesta.

#### 4.1. Métodos Quantitativos

Representam os métodos mais utilizados no âmbito das companhias de transporte aéreo. A essência de tais métodos está na projeção para o futuro do que ocorreu no

<sup>7</sup>Pax é o termo reduzido para *passageiro(s)* utilizado no âmbito da indústria do transporte aéreo.

passado. Assume-se que os fatores que influenciaram o tráfego de passageiros no passado continuarão a influenciá-lo da mesma maneira no futuro. A única variável independente considerada na execução das projeções é o tempo.

O estabelecimento da relação entre o tráfego de passageiros - variável dependente - e o tempo - variável independente - baseia-se na existência de acuradas e detalhadas estatísticas de tráfego verificado na rota para a qual se deseja obter a projeção.

Nessa categoria incluem-se os métodos de projeção de tendência, das médias móveis, alisamento exponencial e Box-Jenkins.

O alisamento exponencial é o método que supostamente apresenta menores custos por não necessitar o acúmulo de grandes quantidades de dados, como é o caso dos métodos de projeção de tendência e das médias móveis.

Em termos de complexidade, Box-Jenkins requer a aplicação de muitos testes de diagnóstico dos dados e inclui procedimentos de mais difícil compreensão. Decrescendo em complexidade, vem a seguir a projeção de tendência e o alisamento exponencial, sendo o método das médias móveis o de mais fácil compreensão.

O texto básico para a descrição dos métodos quantitativos é Wheelwright e Makridakis (1977). Uma discussão mais profunda, dirigida especificamente ao transporte aéreo encontra-se em Taneja (1978).



#### 4.1.1. Projeção de tendência

O método de projeção de tendência considera igual peso para todos os dados passados, do mais recente ao mais distante no tempo.

Sua aplicação necessita considerar se o comportamento dos dados passados do tráfego de passageiros apresenta tendência linear ou exponencial. Portanto, um dos primeiros passos no processo de projeção é a plotagem do número de passageiros verificados por período em um gráfico, a partir do qual se possa verificar o comportamento linear ou exponencial apresentado pelo tráfego.

Uma tendência linear é verificada se o aumento no número de passageiros em cada período de tempo se dá por um valor absoluto constante. Nesse caso, a expressão matemática se apresenta na forma a seguir:

$$y = a + bt$$

onde  $y$  = número de passageiros

$a$  = constante

$b$  = taxa de crescimento

$t$  = tempo

A técnica geralmente utilizada para se chegar à equação que descreve o comportamento do tráfego de passageiros é a dos mínimos quadrados, que consiste em encontrar uma reta que minimize a soma do quadrado dos desvios verticais entre os

dados originais e a referida reta. A medida de quão bem a reta encontrada consegue descrever os dados originais é dada pelo que é conhecido como coeficiente de correlação ( $R$ ) ou, mais frequentemente, pelo quadrado dessa quantidade ( $R^2$ ), ou coeficiente de determinação. Quanto mais  $R^2$  aproximar-se do valor 1, melhor é a descrição que a reta encontrada faz dos dados. Quanto mais próximo de zero estiver  $R^2$ , pior é essa descrição. No âmbito do transporte aéreo, a utilização da projeção linear como método de previsão de tráfego exige coeficientes de determinação no mínimo maiores do que 0,9 e, preferencialmente, acima desse valor.

A tendência exponencial, por sua vez, significa que o tráfego de passageiros cresce (ou diminui) a uma taxa percentual constante em cada período de tempo. Tal comportamento pode ser descrito pela relação que segue:

$$y = a (1 + b)^t$$

onde  $y$  = número de passageiros

$a$  = constante

$b$  = taxa de crescimento

$t$  = tempo

Existe, portanto, uma diferença fundamental entre as duas formas de crescimento: na forma exponencial, a quantidade absoluta de crescimento do tráfego é maior a cada período; enquanto na forma linear, as quantidades de acréscimo de tráfego são constantes a cada período.

A forma exponencial é a mais largamente utilizada pelo simples fato de que o comportamento do tráfego geralmente segue essa tendência. No entanto, a escolha entre qual dos dois métodos utilizar também irá depender da experiência adquirida pelos responsáveis pela execução da previsão.

Uma decisão importante diz respeito a quantos períodos passados além do mínimo recomendado, que é de 7 a 10 períodos, devem ser considerados para o desenvolvimento da projeção. Tomar como ponto de partida um período no qual houve uma quantidade de passageiros excessivamente maior ou menor do que nos períodos subsequentes poderá provocar distorções nos resultados da projeção. Outro ponto que exige atenção dos administradores é garantir que o conjunto de dados se estenda o suficiente de modo a incluir as variações completas de ciclos que eventualmente possam ter existido.

#### **4.1.2. Métodos de alisamento**

O conjunto de técnicas conhecido como métodos de *alisamento* (*smoothing*) apresentam uma abordagem de natureza não estatística e baseada em princípios intuitivos ao problema da previsão de valores futuros<sup>8</sup>. Dentre essas técnicas, como as de mais larga utilização encontram-se a média móvel e o alisamento exponencial.

---

<sup>8</sup> S.C.Wheelwright, *Forecasting Methods for Management* (p.28).

Os dados históricos da variável, no caso o número de passageiros verificado em determinado período, são utilizados para se obter um valor “alisado” para a série temporal, que será considerado então o valor projetado para um período no futuro.

#### 4.1.2.1. Médias móveis

O método das médias móveis consiste em tomar-se a média dos valores de tráfego de passageiros ocorrido em um determinado número de períodos do passado como o valor de projeção que ocorrerá no período imediatamente seguinte. Tem por objetivo eliminar a aleatoriedade eventualmente presente nos dados de tráfego de passageiros utilizados para efetuar a projeção para o futuro, a qual representa fator de distorção ao se utilizar a observação do passado mais recente para projetar o valor a ocorrer no próximo período. Isso é conseguido, tomando-se um conjunto de valores observados, encontrando-se sua média, e utilizando-se a mesma como valor de projeção para o próximo período. O número de observações incluído na média deve ser constante e sua definição está a cargo do próprio interessado na previsão. No transporte aéreo, costuma-se utilizar a média móvel geralmente com 3 ou 4 observações passadas.

A representação da técnica das médias móveis pode ser feita pela expressão:

$$S_{t+1} = \frac{x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-N+1}}{N}$$

onde  $S_{t+1}$  = valor da variável previsto para o próximo período

$x_t$  = valor atual da variável (número de passageiros)

$N$  = número de observações incluído na média

Da expressão acima, verifica-se que igual peso ou importância é dado para cada valor da variável observado nos períodos utilizados no cálculo e nenhum peso é dado aos valores observados em períodos anteriores.

Uma característica do presente método é que quanto maior o número de observações considerado para a obtenção da média, maior é o efeito de *alisamento* incluído na previsão. Se os dados passados contém um fator elevado de aleatoriedade ou se acredita que há relativa estabilidade no padrão subjacente aos mesmos, pode-se utilizar um maior número de observações para provocar um maior *alisamento* no resultado da projeção obtido. Se, por outro lado, acredita-se que o padrão subjacente aos dados está mudando e deseja-se que a projeção apresente uma reação imediata a essas mudanças, ou que existe pouca aleatoriedade nos valores observados, um número menor de observações pode ser utilizado para se calcular a média. A determinação do número de períodos mais adequado para o cálculo da média pode ser feita através do cálculo do erro verificado entre os valores projetados para a variável e os valores reais observados.

O número de períodos a ser computado no cálculo da média apresenta impacto significativo no custo da projeção, em função das maiores necessidades de dados disponíveis quando se necessita considerar um número de períodos maior para o cálculo.

O método das médias móveis apresenta limitações para tratar dados que apresentem mudanças nos padrões subjacentes porque não possui a capacidade de adaptar-se rapidamente à essas mudanças. Por exemplo, mudanças abruptas de patamar ou a presença de uma tendência de crescimento ou declínio linear não são acompanhadas fielmente utilizando-se médias móveis. *Sua maior habilidade verifica-se no tratamento de dados com padrão de tendência horizontal.* Consequentemente, esse método encontra sua aplicação mais adequada na obtenção de projeções de curto prazo, caso em que a pressuposição da existência de um padrão horizontal nos dados não implica em perda substancial de exatidão.

#### **4.1.2.2. Alisamento exponencial**

A utilização da técnica de *alisamento exponencial (exponential smoothing)* pressupõe que os dados que representam a variável a ser projetada possuem um determinado padrão de comportamento subjacente, também como no método das médias móveis, um padrão horizontal, que se encontra representado nas observações históricas juntamente com um componente randômico. O objetivo dessa metodologia é isolar o componente randômico do padrão subjacente através do *alisamento (smoothing)* efetuado sobre os valores históricos. Eliminados os valores extremos, a previsão é construída com base em valores intermediários.

Apesar de existirem técnicas de *alisamento* de ordem superior, a discussão a seguir será centrada com maior profundidade no alisamento dito simples ou de primeira

ordem. Uma breve referência será feita a modelos de alisamento de mais alta ordem, aqui representados pelo modelo Holt-Winters.

Existem opiniões em relação à previsão de tráfego que acreditam que o passado mais recente é um melhor parâmetro para estimar o futuro do que seria o passado mais distante. A principal vantagem da técnica de alisamento exponencial em relação a das médias móveis, que possui natureza semelhante, é que a primeira considera que às observações históricas mais recentes deve ser dado maior peso do que às observações mais antigas, porque possuem maior informação sobre o que estaria por acontecer no futuro. Adicionalmente, não é necessário o armazenamento de grande quantidade de valores históricos da variável, sendo suficiente o último valor observado, a mais recente previsão calculada e um fator de alisamento a ser considerado.

Matematicamente, em uma forma simples, o alisamento exponencial é calculado através da seguinte expressão geral:

$$S_{t+1} = \alpha x_t + \alpha (1 - \alpha) x_{t-1} + \alpha (1 - \alpha)^2 x_{t-2} + \alpha (1 - \alpha)^3 x_{t-3} + \dots$$

onde  $S_{t+1}$  = valor da variável previsto para o próximo período

$x_t$  = valor atual da variável (número de passageiros)

$\alpha$  = fator de alisamento ( $0 < \alpha < 1$ )

A análise da equação permite verificar o maior peso atribuído às observações mais recentes. Sendo  $\alpha$  um valor entre 0 e 1 (e assim também  $1 - \alpha$ ), os pesos ( $\alpha$ ,  $\alpha(1 - \alpha)$ ,  $\alpha(1 - \alpha)^2$ ) atribuídos ao valor da variável em cada período mais distante do presente

apresentam magnitude decrescente. Quanto maior o valor atribuído à  $\alpha$ , maior será o peso dado às observações mais recentes. Na aplicação prática, o valor de  $\alpha$  geralmente é definido de forma experimental, testando-se dois ou três valores diferentes e escolhendo-se o que forneça um valor previsto para a variável mais próximo dos seus valores reais. Existem software estatísticos capazes de calcular valores ótimos de  $\alpha$  com base na minimização da soma do quadrado dos erros (MSSE).

Uma expressão alternativa para o alisamento exponencial é:

$$S_{t+1} = S_t + \alpha (x_t - S_t)$$

Sob esta forma, verifica-se que o novo valor previsto para a variável ( $S_{t+1}$ ) equivale ao valor anteriormente previsto ( $S_t$ ) mais  $\alpha$  vezes o erro existente na previsão anterior (o termo  $x_t - S_t$ ). Torna-se evidente então que quando  $\alpha$  apresenta valor próximo de 1, o novo valor previsto irá incluir um ajuste considerável para qualquer erro existente na previsão anterior. Opostamente, quando  $\alpha$  for próximo de zero, a nova previsão praticamente desprezará um ajuste em relação ao erro da previsão anterior.

O alisamento exponencial apresenta boa aceitação como método de previsão aplicado ao transporte aéreo por ser de rápida execução, apresentar requisitos mínimos em termos de quantidade de dados, o que reduz o seu custo, e ser de fácil aplicação e entendimento para os envolvidos. Não existem provas de que seja sistematicamente menos exato do que métodos mais sofisticados nem tem sido demonstrado que seja



altamente inexato de um modo geral<sup>9</sup>. É mais utilizado para previsões imediatas e de curto prazo.

Essa técnica adequa-se plenamente quando os dados apresentam um padrão de horizontalidade, verificando-se inadequada quando os dados incorporam padrões de comportamento mais complexos, como a presença de tendência ou sazonalidade. A dificuldade, nesse caso, encontra-se justamente em selecionar, entre outras técnicas de alisamento existentes, uma capaz de tratar adequadamente os padrões subjacentes aos dados.

Quando os dados da variável a ser prevista embutirem um padrão de tendência (crescimento ou redução), os métodos de média móvel dupla ou alisamento exponencial duplo seriam mais adequados do que os seus equivalentes de primeira ordem.

Em casos em que a série de dados incorpore tanto um padrão de tendência como de sazonalidade, ambas as características presentes no comportamento do tráfego aéreo de passageiros ao longo do tempo, um modelo denominado Holt-Winters verifica-se como mais adequado para a realização das previsões em que se necessita maior exatidão. Equivalendo a um alisamento exponencial de mais alta ordem, esse modelo utiliza-se de quatro parâmetros no tratamento dos dados:

- $\alpha$  - como no alisamento exponencial de primeira ordem, responsável pelo peso conferido às diferentes observações da variável;
- $\delta$  - controla o peso relativo conferido às observações mais recentes na estimativa da sazonalidade presente na série;

---

<sup>9</sup>S.Makridakis, S.C.Wheelwright, *Forecasting* (p.340)

$\gamma$  - controla o peso relativo conferido às observações mais recentes na estimativa da tendência verificada na série de dados;

$\phi$  - controla a taxa na qual a magnitude da tendência é ampliada ou reduzida ao longo do tempo.

Um dos problemas na utilização do método Holt-Winters relaciona-se com a determinação dos valores de  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$  e  $\phi$  que minimizem o erro médio quadrático (MSE). A maneira usual é através da tentativa e erro, iniciando-se por verificar, para cada parâmetro, a direção de mudança no seu valor que reduz o erro médio quadrático.

#### **4.1.3. Método Box-Jenkins**

De um modo geral, a maioria dos métodos para a previsão de valores futuros de uma variável pressupõem a ocorrência de um determinado padrão básico subjacente aos dados históricos, associado a um componente randômico. O método de previsão trata então de isolar aquele padrão básico tanto quanto possível e utilizá-lo como base para projeção dos valores futuros. As séries temporais que representam situações reais são, em grande parte das vezes, de natureza bastante complexa, pois combinam elementos de tendência, sazonalidade, ciclicidade e randomicidade. Nesses casos, métodos de previsão mais complexos são imprescindíveis.

A metodologia de previsão denominanda Box-Jenkins<sup>10</sup> é especialmente adequada para tratar séries temporais de maior complexidade e situações em que o

---

<sup>10</sup>Para referências, ver: HANKE, John E. & REITSCH, Arthur G. *Business Forecasting*. 5th ed. New York : Prentice Hall, Inc., 1995.  
STATSOFT. *Statistica*. Tulsa : StatSoft, Inc. 1994, v.III.

padrão básico presente nos dados não é aparente. Essa técnica não assume a pré-existência de um padrão particular nos dados históricos, valendo-se de uma *abordagem iterativa* para identificar um possível modelo dentre uma classe genérica de modelos. O modelo escolhido é então testado contra os dados históricos para ver quão exatamente ele é capaz de descrever a série em questão. Se o modelo especificado não for satisfatório, o processo é repetido até que um exemplar satisfatório seja encontrado. O poder e a atratividade desse método de previsão encontra-se na sua capacidade de tratar situações complexas através de um conjunto de procedimentos relativamente bem especificados.

Enquanto outros métodos assumem a existência ou são limitados a determinados tipos de padrão existentes nos dados, a abordagem utilizada por Box-Jenkins é das mais genéricas possível, não sendo necessário assumir um padrão definido.

São propostos três classes de modelos que podem descrever qualquer tipo ou padrão de dados: autoregressivo (AR), média móvel (MA) , e o modelo misto média móvel-autoregressivo (ARMA).

#### **4.1.3.1. Modelo Autoregressivo**

Esta classe de modelo apresenta-se na forma:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

onde  $Y_t$  = variável dependente

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-p}$  = variáveis independentes (que são valores da variável dependente em algum intervalo de tempo anterior)

$\phi_0, \phi_1, \phi_2, \phi_p$  = coeficientes de regressão

$\varepsilon_t$  = termo residual (erro), que representa os elementos randômicos não explicados pelo modelo.

A relação é semelhante a uma equação de regressão, com a diferença residindo no cálculo dos coeficientes de regressão. Nesse caso eles são calculados utilizando-se um método não-linear de mínimos quadrados: primeiramente usa-se uma estimativa para os coeficientes, seguindo-se então um processo iterativo até se atingir valores ótimos.

#### 4.1.3.2. Modelo da Média Móvel

Sua descrição matemática apresenta-se como segue:

$$Y_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

onde  $Y_t$  = variável dependente

$\varepsilon_t$  = termo residual (erro), que representa os elementos randômicos não explicados pelo modelo.

$\theta_1, \theta_2, \theta_q$  = coeficientes de regressão

$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \varepsilon_{t-q}$  = valores do resíduo anteriores.

A equação assemelha-se à de autoregressão, exceto pelo fato de que a variável dependente  $Y_t$  é calculada em função dos valores prévios do resíduo e não em função da própria variável. O modelo de média móvel (MA) fornece previsões baseado em uma combinação linear dos erros passados, enquanto o modelo autoregressivo (AR) expressa a previsão segundo uma função linear baseada em valores passados da própria variável  $Y_t$ .

#### 4.1.3.3. Modelo Misto: Média móvel-Autoregressivo

Trata-se de um modelo que se utiliza de combinações de valores assumidos anteriormente pela variável com os erros ou diferenças entre os valores reais e os valores da projeção, oferecendo um potencial de descrição para o padrão de dados que não seria possível com os modelos autoregressivo ou média móvel sendo utilizados de forma isolada.

A forma geral para o modelo misto apresenta-se como segue:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Pode-se verificar que se trata simplesmente da soma das expressões individuais para o modelo autoregressivo (AR) e para modelo das médias móveis (MA).

A escolha de um entre os três modelos disponíveis em Box-Jenkins pode se dar através de um exame dos coeficientes de autocorrelação dos erros ou resíduos e de uma medida relativa derivada, a *autocorrelação parcial*. Se houver um erro na seleção do modelo, a abordagem Box-Jenkins possibilita a sua identificação e a tomada de ações corretivas.

Se o modelo escolhido for adequado para descrever os dados em questão, os resíduos devem estar aleatoriamente distribuídos, e suas autocorrelações devem ser pequenas, próximas de zero, não exibindo nenhum padrão identificável. Caso um modelo incorreto seja estipulado, os resíduos estarão correlacionados de alguma maneira que pode ser identificada pela abordagem Box-Jenkins. Esse padrão presente nos resíduos servirá então como um guia para se desenvolver um novo modelo, que seja capaz de eliminar o referido padrão dos resíduos. Só então o modelo estará em condições de ser utilizado para se efetuar projeções da variável para períodos futuros.

A abordagem de Box-Jenkins é muito poderosa na obtenção de previsões bastante exatas para o curto prazo. Sua versatilidade proporciona um completo sistema de projeção. Através de testes estatísticos, possibilita determinar a adequação do modelo escolhido e a construção de intervalos de confiança para as previsões obtidas. No entanto, ela também apresenta algumas desvantagens:

A) uma quantidade relativamente grande de dados é requerida (Makridakis estima a quantidade mínima requerida para uma utilização confiável do método como sendo de 72 observações, assumindo um padrão sazonal de 12 meses de duração);

- B) quando novos dados tornam-se disponíveis, não há uma maneira fácil de atualizar os parâmetros do modelo. Este tem de ser periodicamente reformulado, quando não reconstruído completamente;
- C) os custos em termos de tempo e emprego de recursos humanos e computacionais são substancialmente maiores, em função da complexidade e detalhamento presentes, se comparados ao emprego de outros modelos de previsão.

Em resumo, Box-Jenkins apresenta-se como uma das mais poderosas e acuradas técnicas disponíveis para previsões de curto prazo. Mas em função das desvantagens também presentes, a avaliação deverá considerar se os benefícios em termos de exatidão irão compensar os altos custos associados ao seu emprego.

#### **4.2. Métodos Causais**

Diferentemente dos métodos quantitativos analisados anteriormente, que consideram somente o tempo como variável independente, os métodos causais levam em conta, para o desenvolvimento das previsões do tráfego aéreo de passageiros, a maneira pela qual uma série de fatores econômicos, sociais e operacionais afetam o comportamento do tráfego.

Uma pesquisa<sup>11</sup> realizada pela organismo inglês Civil Aviation Authority (CAA) em 1993, junto a 23 organizações de aviação européias, relacionou 10 fatores considerados na realização de previsões para o tráfego de passageiros:

---

<sup>11</sup>Air Transport Forecasting Seminar, (1996), Cranfield, UK. *Econometric Techniques*. Cranfield : Cranfield University

- A) competição entre as companhias aéreas;
- B) maturidade dos mercados;
- C) competição com os meios de transporte de superfície;
- D) planejamento de frota de aeronaves das companhias aéreas;
- E) restrições de operação dos aeroportos;
- F) oportunidades na Europa oriental;
- G) oportunidades na Europa ocidental, decorrentes das profundas modificações em curso nas áreas política e social;
- H) restrições de controle de tráfego aéreo;
- I) desenvolvimento econômico e de negócios;
- J) relação de horários de vôos publicados.

A utilização dos métodos causais<sup>12</sup> implica em determinar, com base em dados históricos, uma relação quantitativa entre o tráfego de passageiros e os mais importantes fatores ou variáveis que influenciam o comportamento desse tráfego, e então utilizar essa relação e previsões das variáveis referidas para construir a previsão para o tráfego de passageiros.

O processo de utilização dos métodos causais compõe-se de quatro etapas. Inicia-se pela identificação e seleção dos fatores influentes, que serão considerados como as variáveis independentes a serem monitoradas de modo a obter-se a previsão para a variável dependente, representada pelo volume de tráfego de passageiros. Em um segundo passo, determina-se a relação funcional entre a variável dependente e as

---

<sup>12</sup>Ver especialmente: R.Doganis, *Flying off Course*.



variáveis independentes selecionadas, especificando-se a forma do modelo a ser utilizado. A terceira etapa envolve a calibração do modelo e o teste da expressão matemática desenvolvida para a relação entre as variáveis, que deve apresentar significância estatística. Finalmente, efetua-se a projeção das variáveis independentes ou utiliza-se projeções desenvolvidas por terceiros para construir as projeções da variável de interesse - o tráfego aéreo de passageiros.

Normalmente, a indústria de transporte aéreo opta pela utilização de modelos de regressão, cujas previsões produzidas são conhecidas por *previsões econométricas*, para previsão de tráfego em rotas já operadas e, de forma menos freqüente, por modelos tipo *gravity model* para novas rotas em estudo.

Uma classe de modelos, na realidade não utilizada pelas companhias aéreas, trata dos modelos econométricos, mas cuja referência aqui se faz interessante porque tais modelos são responsáveis pela geração de valores de previsão para certas variáveis, que serão necessários posteriormente para proceder às previsões de tráfego através dos modelos de regressão.

#### **4.2.1. Modelos de Regressão**

Como são muitos os fatores de influência no nível do tráfego de passageiros, o modelo de regressão mais utilizado é o de regressão múltipla.

A seleção das variáveis a serem utilizadas no desenvolvimento do modelo considera que as mesmas devam representar importante influência na geração de tráfego

de passageiros. Como o tráfego é afetado por muitos fatores, as variáveis devem ser escolhidas de modo a representar tantos fatores quanto possível, evitando, ao mesmo tempo o uso de diferentes variáveis para representar o mesmo fator. Outro critério refere-se à sua mensurabilidade e à possibilidade de seus valores futuros serem previstos.

Muitos tipos de variáveis podem ser identificados: aquelas que refletem o tamanho e o poder de compra do mercado potencial; aquelas associadas com o preço, qualidade, disponibilidade e facilidade de acesso ao transporte aéreo; e aquelas associadas com o preço e a qualidade dos serviços de transporte concorrentes (ver Tabela 1, na página seguinte).

Em uma abordagem simplificada, as companhias aéreas geralmente empregam como variáveis independentes no desenvolvimento de suas projeções de tráfego, a tarifa aérea e alguma medida de renda per capita. Assim, uma expressão para o modelo de regressão múltipla, que pretende prever o tráfego de passageiros em determinada rota, pode ser dada por:

$$T = K f ( F, Y, t )$$

onde  $T$  = tráfego total da rota

$K$  = constante

$F$  = tarifa média em termos reais

$Y$  = medida de renda per capita (PNB per capita, p.ex.)

$t$  = componente temporal, acrescentada para dar conta de fatores não identificados

Tabela 1

Variáveis causais tipicamente utilizadas em previsões econométricas

Tipo de influência	Variável	Aplicação
Tamanho e capacidade de dispêndio do mercado	População ou número de domicílios	Previsões de passageiros
	Produto Nacional Bruto Produto Interno Bruto	Todos os tipos de previsão
	Renda pessoal disponível	Passageiros de turismo/estudo/visita a parentes e amigos
	Exportações	Previsões de carga de exportação
	Importações	Previsões de carga de importação
Ligações étnicas ou lingüísticas entre regiões	Proporção da população de uma área nascida na outra área	Previsões de passageiros em uma rota ou grupo de rotas
Preço do serviço aéreo	Tarifas publicadas	Previsões de rotas
	Receita auferida (yield)	Todos os tipos de previsão
Qualidade do serviço	Frequência de partidas	Previsão de schedules
	Número de escalas ou conexões em uma rota	Previsão de schedules para rotas
	Tempo de viagem	Previsão de rotas
Acesso aos serviços de transporte aéreo	Número de destinos servidos	Previsões regionais
	Proporção de mercado dentro de uma certa distância ou tempo de viagem do aeroporto	Previsões para aeroportos ou rotas
Preço e qualidade dos serviços concorrentes	Tarifa de um serviço aéreo concorrente	Previsões de rotas
	Frequência de partida de um serviço aéreo concorrente	Previsões de rotas
	Tarifa em um serviço de transporte de superfície concorrente	Previsões de rotas
	Tempo de viagem em um transporte de superfície concorrente	Previsões de rotas

Fonte: ICAO, *Manual on Air Traffic Forecasting*

Qualquer variável econômica presente no modelo necessita ser expressa em termos reais, devendo, portanto, ser ajustada em termos de inflação. Em relação ao componente tarifário, para evitar distorções decorrentes da prática de tarifas diferenciadas e do limitado número de assentos destinado às tarifas mais baixas, muitos analistas preferem empregar o *yield*, que se trata da receita auferida por passageiro por quilometro voado, em lugar da tarifa média. Trata-se de uma medida mais uniforme, capaz de proporcionar maior confiabilidade às projeções efetuadas.

O efeito das variáveis independentes no tráfego de passageiros pode ser aditivo ou multiplicativo. Assim, a expressão do modelo pode assumir as formas:

A) linear

$$T = K + bX_1 + cX_2$$

B) multiplicativa

$$T = K X_1^b X_2^c \quad \text{ou} \quad \log T = \log K + b \log X_1 + c \log X_2$$

C) log-linear

$$10^T = K X_1^b X_2^c \quad \text{ou} \quad T = \log K + b \log X_1 + c \log X_2$$

onde  $T$  = tráfego total da rota

$K, b, c$  = constantes

$X_1, X_2$  = variáveis independentes genéricas

O conceito de elasticidade é frequentemente utilizado para descrever a relação entre o tráfego ou demanda  $T$  e as variáveis independentes  $X_n$ . A elasticidade do tráfego ou demanda  $T$  com respeito a  $X_1$  ( $X_2$  sendo mantida constante) é a modificação percentual em  $T$  decorrente de uma mudança de 1% (um por cento) em  $X_1$ . Na relação linear apresentada, as elasticidades são dadas por:

$$E_{X_1} = \frac{bX_1}{T} \quad \text{e} \quad E_{X_2} = \frac{cX_2}{T}$$

E na forma multiplicativa, por:

$$E_{X_1} = b \quad \quad \quad E_{X_2} = c$$

Na forma de expressão mais utilizada, a multiplicativa, as elasticidades são constantes e iguais aos coeficientes da equação. Adicionalmente, os coeficientes podem ser usados como meios simples de estimar o percentual de mudança em  $T$ , resultante de modificações simultâneas em  $X_1$  e  $X_2$ , contanto que as mudanças sejam pequenas:

$$\% \text{ de mudança em } T = b (\% \text{ de mudança em } X_1) + c (\% \text{ de mudança em } X_2)$$

Assumindo que  $X_1$  seja igual à tarifa média (ou *yield* médio) e  $X_2$  igual à renda per capita, o valor de  $b$  representaria a elasticidade-preço do tráfego  $T$  e o valor de  $c$  representaria a elasticidade-renda desse mesmo tráfego  $T$ .

Embora a tarifa (ou seu correlato *yield*) e o nível de renda sejam as variáveis independentes mais empregadas, outros fatores tem apresentado bons resultados em

rotas e mercados específicos. Modelos para a projeção de passageiros viajando a negócios podem utilizar algum índice de produção industrial em lugar da renda como variável. Modelos destinados a rotas em que prevaleça o tráfego de turismo podem considerar preços de diárias em hotéis, taxas de câmbio entre moedas ou outra variável relevante para o fluxo turístico. O modelo pode considerar também variáveis que considerem a qualidade do serviço oferecido pelas companhias aéreas como, p.ex., duração da viagem, número de freqüências e horários de partida.

Após a seleção do modelo de regressão e da definição das variáveis independentes a serem inicialmente incluídas, o modelo é calibrado contra os dados de tráfego do passado e mudanças nas variáveis independentes. O modo mais comum de calibração é pela utilização de séries temporais de dados, cobrindo muitos períodos. Menos freqüentemente utiliza-se dados ditos cruzados, isto é, dados de um único período mas referentes a diversas rotas. Utilizando um processo iterativo baseado na estimativa dos mínimos quadrados, o modelo de regressão estabelece o valor da constante  $K$  e dos coeficientes  $b$  e  $c$ .

A próxima etapa refere-se à verificação da significância estatística do modelo. Para tanto, uma série de testes estatísticos pode ser empregada. O mais direto deles, que mede quão bem os dados da série temporal ajustam-se ao modelo de regressão, é o coeficiente de múltipla determinação ( $\bar{R}^2$ ). Um bom ajuste produz um coeficiente próximo de 1.0, enquanto um coeficiente de 0.5 ou menos indica um mau ajuste. Para que um modelo possa ser utilizado para efetuar projeções com algum nível de confiança, o mesmo deve obter um coeficiente de múltipla determinação no mínimo igual a 0.9.

Modelos com diferentes combinações de variáveis independentes podem ser escolhidos com base nos valores do coeficiente de determinação. Uma alternativa a  $\bar{R}^2$  apresenta-se através da estatística *F de Snedecor*, que compara a variância explicada pelo modelo com a variância não explicada.

Elevados coeficientes de múltipla determinação não garantem, no entanto, uma relação de causalidade entre as variáveis independentes e a variável dependente. Um alto  $\bar{R}^2$  pode ser obtido se os erros da equação de regressão possuírem algum padrão. Nesse caso, existe uma *autocorrelação*, que pode ser consequência de alguma variável independente significativa ter sido deixada de fora ou quando há uma forte ciclicidade presente na variável dependente. Um teste adequado para verificar a ocorrência de *autocorrelação* em um modelo de regressão é o chamado teste *d* de Durbin-Watson. Outro problema que se verifica apesar da existência de um elevado  $\bar{R}^2$  refere-se à existência de *multicolinearidade*, que ocorre em caso de variáveis independentes não serem estatisticamente independentes umas das outras. Tal situação pode acontecer se o modelo utilizar simultaneamente como variáveis independentes, p.ex., a tarifa aérea e o preço dos combustíveis, os quais tendem a se movimentar de forma conjunta. A *multicolinearidade* pode ser testada pela verificação da correlação existente entre as variáveis independentes. Variáveis com alta correlação (0.85 ou maior) não devem ser consideradas para um mesmo modelo de regressão.

A possibilidade de existência de *autocorrelação* e *multicolinearidade* são dois problemas críticos para a obtenção de projeções que se utilizem de modelos de regressão.

Concluído o desenvolvimento e os testes do modelo desejado, necessita-se obter projeções para as variáveis independentes, para que se possa então projetar a variável de interesse, isto é, o tráfego de passageiros. As empresas aéreas, de um modo geral, não executam elas próprias a projeção das variáveis independentes. Normalmente recorrem às projeções realizadas por organismos governamentais, agências internacionais ou institutos de pesquisa econômica (World Bank, World Economic Forum, etc).

Particular atenção, no caso de projeções de longo prazo, deve ser dada às elasticidades, que não necessariamente permanecem constantes ao longo do tempo. Na verdade, as elasticidades se modificam à medida que o volume de tráfego total cresce e os mercados se tornam mais maduros. Um estudo<sup>13</sup> da autoridade aeroportuária britânica (BAA) prevê um decréscimo na elasticidade-renda dos passageiros viajando a lazer, principalmente para trajetos de menor curso.

Durante a fase de projeção das variáveis independentes deve-se considerar a realização de uma análise de sensibilidade do modelo sendo utilizado em relação ao comportamento daquelas variáveis. A partir dessa análise, é interessante gerar faixas ou bandas de previsão para o tráfego futuro, ao invés de simplesmente previsões pontuais. Decisões que envolvem questões estratégicas, e um horizonte de tempo mais extenso, são melhor suportadas por previsões que se apresentam em bandas. Elas permitem a manutenção de flexibilidade para as decisões de longo prazo, particularmente importantes em relação ao planejamento de frota e aquisição de aeronaves.

---

<sup>13</sup>R. Doganis, *Flying off Course* (p.223)



Para decisões que se relacionam com o médio e o curto prazo, envolvendo aspectos operacionais, no entanto, são preferíveis as projeções pontuais. Quanto mais precisas e livres de incerteza, de maior utilidade se verificam para os responsáveis pela tomada de decisão.

#### **4.2.2. Modelos econométricos**

Embora possam ser confundidos com os modelos de regressão múltipla, os modelos ditos econométricos são compostos por um sistema de equações de regressão interdependentes que busca descrever determinada atividade econômica. Os parâmetros das equações de regressão são estimados simultaneamente. Tratam-se de modelos cujo desenvolvimento é bastante oneroso. Por isso mesmo, são utilizados apenas por grandes corporações e organismos governamentais. Entretanto, devido ao sistema de equações de que são compostos, conseguem exprimir melhor as causalidades envolvidas do que os modelos de regressão, podendo prever os chamados *turning points* de maneira mais precisa.

Quando existe interdependência entre as variáveis ditas independentes e entre elas e a variável dependente ou de interesse, o modelo descrito anteriormente, de análise de regressão, não pode ser utilizado.

Nos modelos econométricos, as variáveis são classificadas não como independentes e dependentes, mas como exógenas - aquelas que podem ser consideradas como determinadas externamente ao sistema de equações - e endógenas - aquelas que

são mais fortemente influenciadas umas pelas outras. Uma equação deve ser especificada para cada uma das variáveis endógenas. Quando o número de equações iguala o número de variáveis exógenas, diz-se que o sistema encontra-se corretamente especificado.

O processo de desenvolvimento desse tipo de modelo segue os mesmos passos do modelo de regressão: determinação da forma funcional de cada uma das equações; estimativa simultânea dos valores dos seus parâmetros; e teste de significância estatística dos resultados e da validade dos pressupostos. Uma das vantagens desse sistema é que o mesmo disponibiliza os valores das variáveis independentes a partir do próprio modelo (são determinadas endogenamente), não havendo necessidade de estimá-las externamente.

Os modelos econométricos são utilizados mais largamente para projeções de séries de dados econômicos interrelacionados, como renda, consumo, e gastos de capital, e pouco utilizados para projeções no âmbito das empresas. Sua referência nesse trabalho se deve ao fato de que a grande vantagem desses modelos é o seu uso para prever a direção e extensão das mudanças na atividade econômica em geral ou em algum de seus componentes, sendo essa informação então utilizada como estimativa das variáveis independentes presentes nos modelos de regressão para projeção do tráfego de passageiros.

#### 4.2.3. Modelos de equilíbrio espacial (*Gravity Model*)

As metodologias de previsão de tráfego baseadas em modelos quantitativos ou em modelos de regressão são de pouca utilidade quando se trata de efetuar previsões em novas rotas ainda não operadas ou quando os dados são incompletos ou inexistentes. Geralmente, nesses casos, utiliza-se uma combinação entre os métodos qualitativos, envolvendo pesquisas de mercado e julgamento pessoal.

No entanto, um dos primeiros modelos causais para utilização em previsão de tráfego, formulado em meados do século XIX e denominado *gravity model*, baseou-se no conceito de gravidade aplicado à interação humana, efetuando uma transposição do fenômeno físico para o campo social. Seus pressupostos são de que as cidades são “atraídas” umas pelas outras, isto é, as pessoas desejam viajar entre elas, e que o volume de viagens entre uma cidade e outra depende do seu tamanho e da distância entre as mesmas.

Esse conceito já foi aplicado em transporte ferroviário e, com maior frequência, na previsão de tráfego rodoviário. Em aviação, sua utilização ainda é um pouco restrita.

Sua formulação, para o caso do transporte aéreo, parte do princípio de que o tráfego entre duas localidades é proporcional ao produto de suas populações e inversamente proporcional à distância existente entre elas. O que pode ser expresso por:

$$T_{ij} = K \frac{P_i P_j}{D_{ij}}$$

onde  $T_{ij}$  = tráfego de passageiros entre as cidades  $i$  e  $j$

$K$  = constante

$P_i, P_j$  = populações das cidades  $i$  e  $j$

$D_{ij}$  = distância entre as cidades  $i$  e  $j$

Tratando-se de um modelo causal, a população de cada cidade e a distância entre elas representam o papel das variáveis independentes, e o tráfego, o da variável dependente ou de interesse. Especificamente, nos conceitos do *gravity model*, as populações são ditas variáveis *generativas*, que atuam no sentido de gerar tráfego, e a distância, a variável de *impedância*, que age no sentido de limitar o volume de passageiros.

O desenvolvimento do modelo modificou o teor das variáveis independentes. Partiu-se da consideração de que os números populacionais deveriam ser substituídos por alguma medida da atividade econômica e que a *impedância*, anteriormente representada pela distância, seria melhor expressa com a utilização dos níveis da tarifa aérea. O tráfego total dos aeroportos foi pensado como uma boa medida do tipo e nível da atividade econômica de cada região e da área de atração em torno dos aeroportos. Outra adaptação correspondeu à elevação do termo representando a *impedância* a uma potência diferente de 1 (um), o que aumenta a correlação do modelo quando testado contra números reais de tráfego.

Desenvolvimentos posteriores levaram à inclusão de um termo representando a qualidade de serviço como uma das variáveis *generativas*.

Um estudo<sup>14</sup> desenvolvido para a Comissão Europeia em 1989, com o objetivo de identificar possíveis novas rotas aéreas, envolveu a obtenção de previsões de tráfego para o período 1992-1997 entre aeroportos da região sul do continente europeu. Diversas formulações do modelo foram calibradas utilizando 47 ligações aéreas em operação no ano de 1987. A formulação que produziu o melhor índice de correlação, de 0.97, é expressa pela relação:

$$T_{ij} = K \frac{(A_i A_j) Q^{3/4}}{F^{1/2}}$$

onde  $T_{ij}$  = tráfego de passageiros entre as cidades  $i$  e  $j$

$K$  = constante

$A_i, A_j$  = número de passageiros regulares em cada um dos aeroportos das cidades  $i$  e  $j$

$Q$  = variável representativa da qualidade de serviço

$F$  = tarifa praticada na classe Econômica

A variável  $Q$ , referente à qualidade de serviço, considera o número de escalas intermediárias e o tipo de aeronave utilizada nas frequências semanais disponíveis entre as cidades.

A grande potencialidade do modelo *gravity model* encontra-se na sua capacidade em proporcionar uma previsão para o tráfego em novas rotas, não exploradas por uma empresa ou que não possua qualquer tipo de ligação aérea. Nos casos em que não exista nem mesmo tráfego de aeroportos em uma ou ambas as localidades, resta ainda a

---

<sup>14</sup>R.Doganis, *Flying off Course* (p.254)

alternativa de se manter como variáveis *generativas* as respectivas populações, podendo-se acrescentar um fator representativo do nível de renda existente em cada um dos locais.

### **4.3. Métodos Qualitativos**

Os chamados métodos qualitativos de previsão de tráfego de passageiros (ver Doganis (1991); Wheelwright e Makridakis (1977); Taneja (1978)) apresentam natureza intuitiva, apoiam-se fortemente na experiência pessoal e geralmente não consideram dados históricos de forma sistemática. As situações em que tais métodos são preferidos em relação aos métodos quantitativos são as seguintes:

- A) quando se enfrenta ausência de dados históricos;
- B) quando não há condições de se construir um modelo objetivo para a situação em questão;
- C) quando o tempo para se obter a previsão é escasso, impossibilitando o emprego dos métodos quantitativos.

#### **4.3.1. Julgamento pessoal**

O *julgamento pessoal* é uma das técnicas de previsão mais frequentemente utilizada no âmbito do transporte aéreo, geralmente com o objetivo de modificar ou adaptar previsões originalmente construídas com base em métodos quantitativos. A intuição e a experiência de executivos, gerentes regionais ou analistas de rotas e

mercados, seu conhecimento do comportamento recente do tráfego de passageiros, aliados às informações obtidas de atividades correlatas, como agentes de viagens, operadores de turismo, cadeias hoteleiras e órgãos oficiais de turismo, são fatores que, devidamente conjugados, possuem poder de determinação tão grande quanto os números apresentados pelos modelos matemáticos.

A principal desvantagem do *julgamento pessoal* como método de previsão de tráfego relaciona-se ao horizonte de tempo: quanto mais longo for o período de tempo, maior é a probabilidade da previsão se mostrar inadequada. Por outro lado, duas vantagens são inerentes a essa metodologia: a rapidez de execução, porque não necessita coleta ou manipulação de dados; e a possibilidade de se considerar fatores exógenos que podem afetar o comportamento do tráfego, os quais não seriam facilmente levados em conta por modelos mais estruturados como os utilizados pelos métodos quantitativos.

#### **4.3.2. Método Delphi**

Esse método requer que se alcance uma previsão consensual baseada na visão de indivíduos considerados como tendo suficiente experiência para poder antecipar tendências futuras. O processo se dá de forma interativa, em que um painel de especialistas é interrogado através de uma sequência de questionários, sendo as respostas de um questionário utilizadas para produzir o próximo questionário. Passo a passo, o processo funcionaria da seguinte forma:

- A) um grupo de especialistas é questionado sobre a sua previsão de crescimento de tráfego em um mercado ou região;
- B) as previsões individuais são então reunidas em uma previsão conjunta, que é comunicada para cada especialista;
- C) estes poderão desejar revisar suas próprias previsões individuais iniciais em função das posições reveladas por cada um dos outros especialistas ;
- D) as previsões individuais desta segunda rodada ou, se necessário, posteriores, podem ser utilizadas para se atingir uma previsão de consenso entre os participantes.

Considerando a iteratividade característica do processo, verifica-se que este pode ser mais ou menos complexo em função da quantidade de informações trocada entre os participantes, levando, inclusive, a um maior consumo de tempo para se obter a previsão. O princípio envolvido, de se atingir o consenso, exige que qualquer informação disponível para um dos participantes e não para os outros é passada aos demais, permitindo que cada um tenha acesso à todas as informações para efetuar a previsão. Essa técnica é mais adequada para previsões de crescimento de tráfego envolvendo mercados conjuntos ou regiões do que para previsões em rotas individuais. As previsões realizadas pela IATA (International Air Transport Association) sobre o tráfego de passageiros a nível mundial foram, até 1986, baseadas no método Delphi. Posteriormente, em função do excessivo tempo necessário para a sua confecção, essa Associação passou a efetuar simplesmente uma compilação das previsões individuais realizadas pelas companhias aéreas.



#### **4.3.3. Estudos e pesquisas de mercado**

As técnicas utilizadas nesse método de obtenção de previsões sobre o comportamento do tráfego incluem levantamentos sobre atitudes e comportamento de passageiros, do transporte aéreo e de outras modalidades. Envolve também estudos relacionados à infraestrutura hoteleira e de turismo, pesquisas junto a agentes de viagem, análises de fluxos de comércio e negócios envolvendo diferentes localidades geográficas. O objetivo principal dessa metodologia é analisar as características do mercado para o transporte aéreo, buscando identificar empiricamente como a sua utilização varia entre os diferentes setores da população e entre as diferentes indústrias. Seus resultados geralmente são utilizados em combinação com previsões a respeito de mudanças sócio-econômicas ou demográficas, na tentativa de prever os futuros níveis de demanda pelo transporte aéreo de passageiros.

Essas técnicas são especialmente adequadas em situações de mercado especiais, em que a maioria dos consumidores dos serviços de transporte aéreo pertence a um limitado número de setores bem definidos da sociedade, caso em que uma previsão pode ser derivada do estudo das probabilidades futuras de geração de tráfego em cada setor separadamente. Mesmo em situações onde os mercados são mais desenvolvidos e complexos, a técnica pode ser adaptada, utilizando-se um cruzamento de análises e previsões realizadas a respeito de diversos elementos considerados de forma individualizada.

Estudos de mercado são particularmente utilizados como ferramenta de previsão quando os dados disponíveis sobre o tráfego histórico são inadequados ou inexistentes, dessa forma tornando impeditiva a utilização dos métodos quantitativos (séries temporais ou modelos econométricos). Essa situação se verifica geralmente em diversas rotas aéreas de países em desenvolvimento ou no caso de rotas inteiramente novas. Nessas circunstâncias, a pesquisa de mercado pode ser o único meio plausível para se avaliar a demanda futura pelo transporte aéreo de passageiros.

## 5. APLICAÇÃO DO MODELO DE EQUILÍBRIO ESPACIAL

A escolha do modelo de equilíbrio espacial *gravity model* foi feita em função do mercado definido para se efetuar a projeção de tráfego ser um mercado novo, ainda não possuindo ligação aérea direta. Sendo um mercado ainda não explorado, a inexistência de dados específicos relativos à números de tráfego de passageiros impede a utilização dos métodos quantitativos. Quanto aos métodos qualitativos, a mesma carência de informações para sustentar o processo de análise os torna pouco recomendáveis. Adicionalmente, esta é uma oportunidade de testar esse modelo ainda pouco utilizado no âmbito do transporte aéreo.

O mercado definido para aplicação do modelo é formado por uma localidade no Brasil (São Paulo) e uma localidade nos Estados Unidos (Boston). Situada no Estado de Massachussets, Boston caracteriza-se pelo fato de possuir uma extensa colônia de cidadãos de origem brasileira, podendo, portanto, ser considerada uma localidade com potencial para o estabelecimento de ligação aérea com o Brasil. Por outro lado, a escolha de São Paulo justifica-se por ser a localidade que, no mercado brasileiro, apresenta a maior oferta de conexões tanto para vôos domésticos como internacionais.

Decidiu-se partir da formulação mais desenvolvida do modelo *gravity model*, aplicada no referido estudo realizado para a Comissão Européia em 1989. Relembrando sua expressão em termos das variáveis consideradas:

$$T_{ij} = K \frac{(A_i A_j) Q^r}{F^p}$$

onde  $T_{ij}$  = tráfego de passageiros entre as cidades  $i$  e  $j$

$K$  = constante

$A_i, A_j$  = número de passageiros regulares em cada um dos aeroportos  
das cidades  $i$  e  $j$

$Q$  = variável representativa da qualidade de serviço

$F$  = tarifa praticada na classe Econômica

$r$  e  $p$  = potência das variáveis  $Q$  e  $F$ , respectivamente

De forma semelhante ao estudo encomendado pela Comissão Européia, foram selecionadas 20 localidades (ver Tabela 2, na página seguinte) da América do Sul e América do Norte, regiões à qual pertencem as localidades que configuram o mercado em estudo. Foram então identificadas 27 rotas aéreas (ver Tabela 3, à página 73) atualmente operadas entre aquelas 20 localidades.

Os dados de tráfego de aeroportos foram obtidos junto à publicações da ICAO (International Civil Aviation Organization). Os números incluem passageiros embarcados e desembarcados nos aeroportos durante um ano, considerando vôos regulares domésticos e internacionais, excluindo, portanto, vôos *charter*. Em virtude da disponibilização dessas publicações geralmente acontecer com atraso em relação ao período sobre o qual os dados incluídos se referem, todos os dados utilizados referem-se ao ano de 1994.

## TABELA 2

### 20 LOCALIDADES COM ROTAS AÉREAS INCLUÍDAS NO ESTUDO

---

ATL	- Atlanta
BSB	- Brasília
BUE	- Buenos Aires
DFW	- Dallas
GIG	- Rio de Janeiro
GRU	- São Paulo
JFK	- Nova York
LAX	- Los Angeles
LIM	- Lima
LPB	- La Paz
MCO	- Orlando
MEX	- Cidade do México
MIA	- Miami
MVD	- Montevideo
ORD	- Chicago
SCL	- Santiago do Chile
SRZ	- Santa Cruz de la Sierra
WAS	- Washington
YUL	- Montreal
YYZ	- Toronto

---

TABELA 3

## 27 ROTAS ENTRE AMÉRICA DO SUL E AMÉRICA DO NORTE SELECIONADAS

Origem	Destino
BSB	WAS
BUE	DFW
BUE	JFK
BUE	MEX
BUE	MIA
BUE	ORD
GIG	ATL
GIG	DFW
GIG	JFK
GIG	LAX
GIG	MCO
GIG	MEX
GIG	MIA
GIG	ORD
GIG	WAS
GRU	ATL
GRU	DFW
GRU	JFK
GRU	LAX
GRU	MCO
GRU	MEX
GRU	MIA
GRU	ORD
GRU	WAS
GRU	YUL
GRU	YYZ
LIM	JFK
LIM	LAX
LIM	MEX
LIM	MIA
LPB	MIA
MVD	DFW
MVD	JFK
MVD	ORD
SCL	JFK
SCL	LAX
SCL	MEX
SCL	MIA
SRZ	MIA

Conforme determina o modelo, para a obtenção da variável Q relativa à qualidade de serviço, foram considerados pesos diferentes de acordo com o tipo de voo existente. Vãos diretos sem escala receberam peso 1.0 (um); vãos com uma escala, peso 0.5; e vãos com 2 escalas ou uma conexão, peso 0.25 (ver Tabela 4 - página seguinte). Vãos com mais de 2 escalas intermediárias ou com mais de uma conexão não foram considerados na composição do índice Q. Em vãos de longo curso (long-haul), como é o caso dos vãos internacionais entre o Brasil e Estados Unidos, serviços com mais de uma escala ou conexão geralmente apresentam muito baixa preferência por parte do passageiro, transportando um tráfego apenas marginal. A unidade básica do serviço é de uma frequência semanal (um voo por semana).

O serviço a ser ofertado no mercado São Paulo-Boston (GRU-BOS) foi definido como sendo composto por 7 vãos semanais com uma escala intermediária, mais 7 vãos semanais com uma conexão. Consequentemente, o índice Q de qualidade de serviço resultante para esse mercado foi de 5,25, conforme apresentado ao final da Tabela 4.

A tarifa F utilizada para os cálculos do modelo corresponde à tarifa integral Y (sem desconto), para a classe econômica, publicada conforme normas IATA (International Air Transport Association), expressa em dólares americanos (US\$) (ver Tabela 5, na página 76). Para o mercado GRU-BOS, a tarifa foi definida como sendo equivalente à praticada no trecho São Paulo-Nova York.

Quanto aos dados necessários à calibração da equação - definição da potência dos termos Q e F e do coeficiente K - referentes ao tráfego real verificado no ano de 1994 entre os pares de cidades componentes dos mercados, foram utilizados o número de

TABELA 4

Composição da variável Q referente à qualidade de serviço

		Vôo direto	Vôo 1 escala	Vôo 2 esc./1conexão	
Pesos		1	0,5	0,25	

Origem	Destino	Vôo direto	1 stop	1 cnx/2 stop	Q
BUE	JFK	20	1	7	22,25
BUE	MEX	0	5	4	3,5
BUE	MIA	28	8	9	34,25
GIG	ATL	0	14	20	12
GIG	JFK	14	11	11	22,25
GIG	LAX	0	3	14	5
GIG	MCO	0	7	14	7
GIG	MEX	0	2	3	1,75
GIG	MIA	20	1	7	22,25
GIG	ORD	0	0	13	3,25
GRU	ATL	14	0	38	23,5
GRU	JFK	30	1	32	38,5
GRU	LAX	8	1	14	12
GRU	MCO	7	7	35	19,25
GRU	MEX	2	7	0	5,5
GRU	MIA	38	6	1	41,25
LIM	JFK	4	0	15	7,75
LIM	LAX	9	7	7	14,25
LIM	MEX	5	5	4	8,5
LIM	MIA	21	0	0	21
LPB	MIA	7	0	0	7
MVD	JFK	0	7	25	9,75
SCL	JFK	0	7	14	7
SCL	LAX	0	14	7	8,75
SCL	MEX	5	3	3	7,25
SCL	MIA	33	5	4	36,5
SRZ	MIA	7	0	0	7
GRU	BOS	0	7	7	5,25



TABELA 5

Tarifas integrais publicadas para classe Econômica (Y) conforme normas IATA  
Trecho: ida e volta

Origem	Destino	Tarifa Y (US\$)
BUE	JFK	2.588
BUE	MEX	2.032
BUE	MIA	2.350
GIG	ATL	2.108
GIG	JFK	2.108
GIG	LAX	2.346
GIG	MCO	1.930
GIG	MEX	1.930
GIG	MIA	1.930
GIG	ORD	2.352
GRU	ATL	2.108
GRU	JFK	2.108
GRU	LAX	2.346
GRU	MCO	1.930
GRU	MEX	1.930
GRU	MIA	1.930
LIM	JFK	1.524
LIM	LAX	1.580
LIM	MEX	1.392
LIM	MIA	1.422
LPB	MIA	1.586
MVD	JFK	2.588
SCL	JFK	2.666
SCL	LAX	2.748
SCL	MEX	2.032
SCL	MIA	2.420
SRZ	MIA	1.686
GRU	BOS	2.108

passageiros *em voo* (*on-flight*) entre as referidas localidades. A fonte dos dados foi novamente publicações da ICAO. Nos casos de falta de informação referente a algum mercado, foram utilizados dados de publicações do DAC (Departamento de Aviação Civil) e dados fornecidos pela VARIG.

É importante observar que a informação referente à passageiros *em voo* entre localidades não é a informação ideal para exercícios de projeção de tráfego, pois não reflete o fluxo real de passageiros tendo como origem e destino efetivos (passageiros *true O&D*) as localidades componentes do mercado em estudo. No entanto, a informação sobre o número de passageiros *true O&D* é considerada de caráter estratégico e não é divulgada pelas empresas aéreas.

A calibração do modelo é feita aplicando-se uma regressão linear aos pares de dados representados pelo número real de passageiros verificado para o mercado no período e o número resultante do cálculo efetuado através da equação do *gravity model*. A ferramenta utilizada para o cálculo da regressão linear foi o *software* de planilha eletrônica Excel versão 5.0.

Nas primeiras tentativas de ajuste da regressão, foram consideradas todas as 27 rotas. Entretanto, o máximo coeficiente de correlação alcançado foi de 0,52769, com várias alternativas consideradas para as potências  $r$  e  $p$  (ver Tabelas 6 e 7 a seguir). O ideal é se obter um coeficiente de determinação ( $R^2$  - quadrado do coeficiente de correlação) superior a 0,9. Pode-se observar a dificuldade em obter uma equação de regressão ajustada pela dispersão dos pontos verificada no gráfico (ver Gráfico 1 à página 80).

TABELA 6

Regressão linear com 27 pares de cidades

Origem	Destino	A1	A2	Q	F	Expected	ICAO (i)	ICAO (v)	Actual (i+v)
BUE	JFK	3.968	28.807	22,25	2.588	982.733	90.460	88.265	178.725
BUE	MEX	3.968	18.876	3,5	2.032	129.011	17.474	15.909	33.383
BUE	MIA	3.968	30.203	34,25	2.350	1.746.684	283.200	286.501	569.701
GIG	ATL	4.275	53.630	12	2.108	1.305.132	4.478	3.418	7.896
GIG	JFK	4.275	28.807	22,25	2.108	1.299.851	73.358	70.201	143.559
GIG	LAX	4.275	51.050	5	2.346	465.129	17.073	14.013	31.086
GIG	MCO	4.275	22.392	7	1.930	347.192	11.048	8.334	19.382
GIG	MEX	4.275	18.876	1,75	1.930	73.169	11.269	10.673	21.942
GIG	MIA	4.275	30.203	22,25	1.930	1.488.535	135.825	136.157	271.982
GIG	ORD	4.275	66.468	3,25	2.352	392.640	4.483	3.776	8.259
GRU	ATL	7.251	53.630	23,5	2.108	4.335.138	11.869	10.240	22.109
GRU	JFK	7.251	28.807	38,5	2.108	3.814.925	93.960	104.808	198.768
GRU	LAX	7.251	51.050	12	2.346	1.893.420	38.221	37.698	75.919
GRU	MCO	7.251	22.392	19,25	1.930	1.619.438	25.779	17.587	43.366
GRU	MEX	7.251	18.876	5,5	1.930	390.044	7.907	5.577	13.484
GRU	MIA	7.251	30.203	41,25	1.930	4.680.741	229.197	295.333	524.530
LIM	JFK	3.793	28.807	7,75	1.524	555.645	5.993	6.841	12.834
LIM	LAX	3.793	51.050	14,25	1.580	1.746.370	18.555	18.552	37.107
LIM	MEX	3.793	18.876	8,5	1.392	437.192	19.824	19.281	39.105
LIM	MIA	3.793	30.203	21	1.422	1.691.814	204.912	206.854	411.766
LPB	MIA	872	30.203	7	1.586	116.242	30.266	35.061	65.327
MVD	JFK	1.003	28.807	9,75	2.588	108.853	7.260	7.821	15.081
SCL	JFK	3.311	28.807	7	2.666	250.435	16.474	17.155	33.629
SCL	LAX	3.311	51.050	8,75	2.748	538.203	10.083	9.947	20.030
SCL	MEX	3.311	18.876	7,25	2.032	222.989	14.816	13.678	28.494
SCL	MIA	3.311	30.203	36,5	2.420	1.508.297	151.224	151.378	302.602
SRZ	MIA	944	30.203	7	1.686	118.376	17.885	19.022	36.907

## ALTERNATIVAS TESTADAS:

r	p	R	R <sup>2</sup>
1,00	1,00	0,52796	0,27874
0,50	1,00	0,36432	0,13273
1,00	0,50	0,52083	0,27126
0,50	0,50	0,35208	0,12396
0,75	0,50	0,45243	0,20469
0,5	0,75	0,35842	0,12846

Legenda:	A1	-	no. de pax embarcados e desembarcados no aeporto de origem (000)
	A2	-	no. de pax embarcados e desembarcados no aeporto de destino (000)
	Expected	-	cálculo parcial do no. de pax feito pelo modelo
	ICAO (i)	-	no. real de pax sentido origem-destino
	ICAO (v)	-	no. real de pax sentido destino-origem
	Actual (i+v)	-	total real de pax origem-destino

TABELA 7

## RESUMO DOS RESULTADOS - regressão linear com 27 pares de cidades

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,52796284
R-Quadrado	0,27874476
R-quadrado	0,24989455
Erro padrão	139861,669
Observações	27

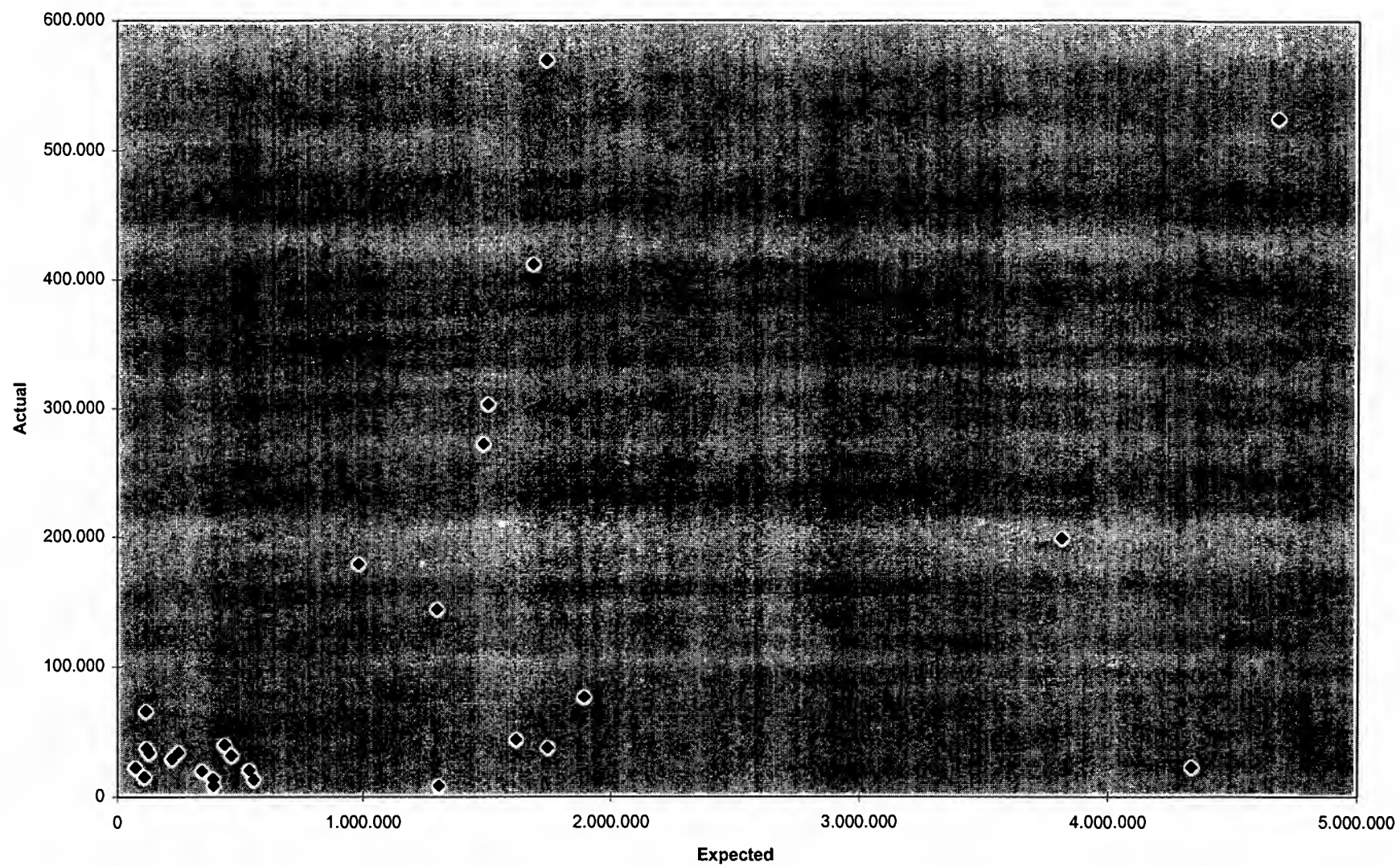
## ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	1,89E+11	1,89E+11	9,66179313	0,00464741
Resíduo	25	4,8903E+11	1,9561E+10		
Total	26	6,7803E+11			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95.000%</i>	<i>Superior 95.000%</i>
Interseção	37474,6167	37201,1933	1,00734985	0,32341779	-39142,6215	114091,8549	-39142,6215	114091,8549
Variável X 1	0,06680963	0,02149365	3,10834251	0,00464741	0,022542658	0,111076605	0,022542658	0,111076605



**Gráfico 1**  
**Número de passageiros - 27 rotas**



Prosseguindo em um processo iterativo, procurou-se eliminar os pares de localidades para os quais o cálculo do modelo resultava em pares de valores (*actual x expected*) destoantes em relação ao ajuste da equação de regressão pretendido. Assim foram eliminados 13 pares de localidades (BUE-MIA, GIG-ATL, GIG-JFK, GRU-ATL, GRU-JFK, GRU-LAX, GRU-MCO, GRU-MIA, LIM-JFK, LIM-LAX, LIM-MIA, LPB-MIA e SCL-LAX). Exercitando-se diversas combinações para as potências  $r$  e  $p$ , obteve-se finalmente, para um conjunto de 14 rotas, um coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,92015, que pode ser considerado aceitável (superior a 0,9). Nessas condições, a constante  $K$  foi estimada em aproximadamente 0,004156 e as potências  $r= 1,0$  e  $p = 0,5$  (ver Tabelas 8 e 9, respectivamente às páginas 82 e 83). Pela observação do Gráfico 2 à página 84, verifica-se a possibilidade de um melhor ajuste de uma equação de regressão aos pontos plotados.

TABELA 8

Regressão linear com 14 pares de cidades

Origem	Destino	A1	A2	Q	F	Expected	ICAO (i)	ICAO (v)	Actual (i+v)	Tráfego previsto
BUE	JFK	3.968	28.807	22,3	2.588	49.993.964	90.460	88.265	178.725	207.763
BUE	MEX	3.968	18.876	3,5	2.032	5.815.510	17.474	15.909	33.383	24.168
GIG	LAX	4.275	51.050	5	2.346	22.528.790	17.073	14.013	31.086	93.624
GIG	MCO	4.275	22.392	7	1.930	15.252.758	11.048	8.334	19.382	63.387
GIG	MEX	4.275	18.876	1,75	1.930	3.214.441	11.269	10673	21.942	13.358
GIG	MIA	4.275	30.203	22,3	1.930	65.393.949	135.825	136.157	271.982	271.761
GIG	ORD	4.275	66.468	3,25	2.352	19.042.038	4.483	3.776	8.259	79.134
GRU	MEX	7.251	18.876	5,5	1.930	17.135.308	7.907	5.577	13.484	71.210
LIM	MEX	3.793	18.876	8,5	1.392	16.311.433	19.824	19.281	39.105	67.786
MVD	JFK	1.003	28.807	9,75	2.588	5.537.598	7.260	7.821	15.081	23.013
SCL	JFK	3.311	28.807	7	2.666	12.930.794	16.474	17155	33.629	53.737
SCL	MEX	3.311	18.876	7,25	2.032	10.051.834	14.816	13.678	28.494	41.773
SCL	MIA	3.311	30.203	36,5	2.420	74.198.384	151.224	151.378	302.602	308.350
SRZ	MIA	944	30.203	7	1.686	4.860.616	17.885	19.022	36.907	20.200
GRU	BOS	7.251	25.195	5,25	2.108	20.889.896				86.813

## ALTERNATIVAS TESTADAS

r	p	R	R <sup>2</sup>
1,00	1,00	0,95690	0,91567
0,50	1,00	0,70701	0,49987
1,00	0,50	0,95924	0,92015
0,50	0,75	0,71405	0,50986
0,75	0,50	0,89527	0,80151
0,10	1,00	0,10877	0,01183
1,00	0,10	0,95469	0,91143

Legenda:	A1	-	no. de pax embarcados e desembarcados no aeroporto de origem (000)
	A2	-	no. de pax embarcados e desembarcados no aeroporto de destino (000)
	Expected	-	cálculo parcial do no. de pax feito pelo modelo
	ICAO (i)	-	no. real de pax sentido origem-destino
	ICAO (v)	-	no. real de pax sentido destino-origem
	Actual (i+v)	-	total real de pax origem-destino
	Tráfego previsto	-	total de pax origem-destino calculado pelo modelo

TABELA 9

**RESUMO DOS RESULTADOS - regressão linear com 14 pares de cidades**

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,95924221
R-Quadrado	0,92014563
R-quadrado	0,91349109
Erro padrão	29339,5666
Observações	14

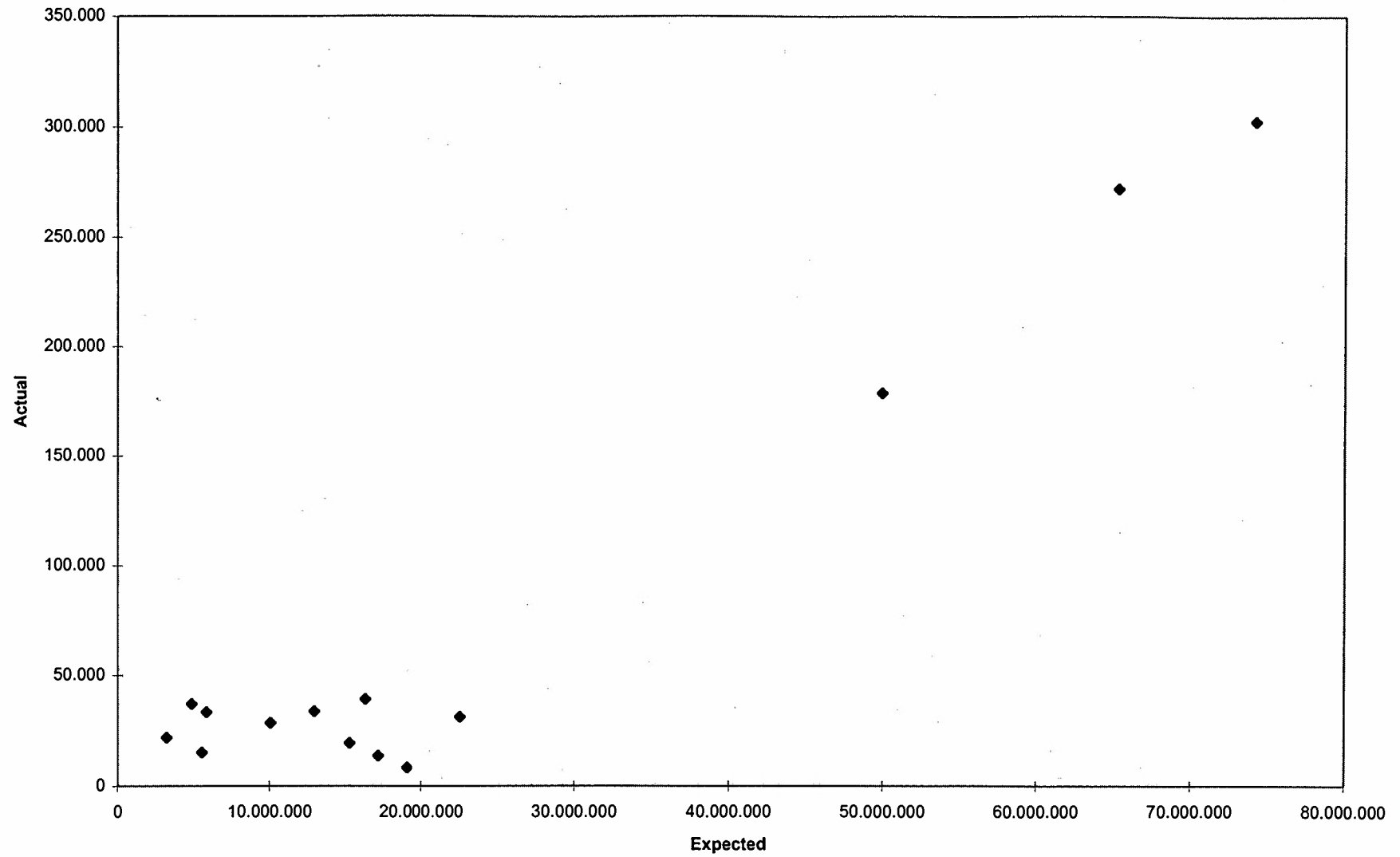
**ANOVA**

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	1,1903E+11	1,1903E+11	138,273546	6,06064E-08
Resíduo	12	1,033E+10	860810169		
Total	13	1,2936E+11			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95.000%</i>	<i>Superior 95.000%</i>
Interseção	-21800,2489	11299,0301	-1,92939117	0,07766367	-46418,72031	2818,222465	-46418,72031	2818,222465
Variável X 1	0,00415576	0,00035341	11,7589772	6,0606E-08	0,003385738	0,004925772	0,003385738	0,004925772



**Gráfico 2**  
**Número de passageiros - 14 rotas**



O processo de calibração resultou então na seguinte relação:

$$T_{ij} = 0,004156 \frac{(A_i A_j) Q}{F^{1/2}}$$

Aplicando-se na fórmula os valores de tráfego de embarque e desembarque de passageiros dos aeroportos Internacional de São Paulo e Logan International, de Boston, um fator de qualidade de serviço calculado para 7 vôos semanais com uma escala e 7 vôos também semanais com uma conexão, e uma tarifa para a classe Econômica equivalente à tarifa publicada entre São Paulo e Nova York, obtém-se uma previsão de 86.813 passageiros anuais (base 1994) para o mercado São Paulo - Boston (ver novamente a Tabela 8).

Efetuando-se uma comparação entre o tráfego previsto e o tráfego real verificado entre as localidades utilizadas para calibração da equação observa-se que, em cinco casos (GIG-LAX, GIG-MCO, GIG-ORD, GRU-MEX e LIM-MEX), o tráfego previsto calculado é bastante superior ao tráfego real. Apesar desse desvio dos resultados verificado nos casos específicos refletir uma aparente fragilidade, a validade do modelo encontra-se em sua habilidade em desenvolver uma previsão de tráfego de passageiros para *novas rotas*, situação em que outros modelos de previsão não são aplicáveis.

Na prática, o resultado obtido através da aplicação do modelo de equilíbrio espacial seria analisado à luz de outras considerações.

Apesar de inexistir uma ligação aérea São Paulo-Boston, existe um tráfego de passageiros que é canalizado de alguma forma entre essas localidades. A dificuldade

encontra-se em obter informações sobre como esse fluxo se realiza. A eventual ligação comercial da companhia aérea que deseja obter a previsão com um *partner* americano possibilitaria a obtenção de informações valiosas em termos do tráfego de passageiros e dos principais fluxos de origem e destino existentes entre os dois países. Com um mercado de transporte aéreo mais desenvolvido, os Estados Unidos contam com serviços governamentais que, através de processos de amostragem, conseguem prover informações bastante úteis às companhias aéreas americanas sobre o fluxo de passageiros de e para seu território. No caso brasileiro, as autoridades aeronáuticas se restringem a efetuar a consolidação das informações fornecidas pelas próprias companhias aéreas nacionais.

A falta de dados e informações que caracteriza a situação em estudo a torna particularmente adequada também para a utilização de métodos qualitativos de previsão de tráfego, como a *pesquisa de mercado* e o *julgamento pessoal*, como formas alternativas de verificar e complementar os resultados obtidos a partir do modelo de equilíbrio espacial.

Portanto, uma situação de previsão de tráfego aéreo de passageiros não se encerra pela aplicação pura e simples de um determinado modelo. Obtidos os resultados, muita análise crítica, cruzamento de informações, aplicação de modelos alternativos e experiência pessoal são combinados para que a hipótese final apresente um máximo de consistência e possa embasar decisões geralmente críticas para a operação das companhias aéreas.

## 6. CONCLUSÃO

As previsões obtidas com o uso das metodologias examinadas neste trabalho nem sempre condizem com a realidade. Independentemente das características próprias do modelo de previsão escolhido (ver Tabela 10, na página 92) e de o mesmo ser adequado às características da situação para a qual se necessita uma previsão, não existe garantia de que os resultados serão um espelho fiel do que irá acontecer no futuro. Nenhuma ferramenta de previsão pode garantir em 100% a exatidão de suas predições. Até mesmo metodologias muito similares podem produzir resultados bastante divergentes quando aplicados a uma mesma situação.

Entretanto, apesar da possibilidade de desvios nas previsões em relação à realidade, a indústria do transporte aéreo não pode prescindir das previsões sobre o tráfego de passageiros. Quase todos os tipos de tomada de decisão envolvem, de alguma maneira, o futuro e assim requerem alguma forma de previsão. Não é diferente no caso do transporte aéreo. Muitas decisões importantes, por exemplo, sobre compra de aeronaves e sua alocação às rotas de serviço, envolvem quase sempre centenas de milhões de dólares. Pelos valores em jogo, as conseqüências dessas decisões podem variar entre resultados positivos obtidos pela empresa no fim do exercício ou o próprio fracasso do negócio. Decisões de tal importância necessitam, portanto, apoiar-se em alguma forma de previsão sobre a demanda futura, representada pelo tráfego de passageiros.

Uma grande parte dos estudiosos do assunto envolvendo previsões sobre o futuro sustenta uma opinião que favorece uma abordagem sistemática ou quantitativa do problema. Seu argumento é embasado por pesquisas que relatam a superioridade dos métodos quantitativos e causais em relação ao julgamento pessoal e à análises subjetivas de questões envolvendo situações futuras. Apenas em alguns poucos casos tem sido relatado uma performance superior de abordagens mais intuitivas. Exemplos de estudos comparativos entre os resultados obtidos a partir de métodos quantitativos contra abordagens subjetivas são encontrados no mercado de ações e na área de vendas. Em ambos os casos o resultado do estudo concluiu pela melhor performance em termos de exatidão das técnicas quantitativas sobre as qualitativas<sup>15</sup>. O mesmo resultado foi obtido em estudo desenvolvido por Armstrong e Grohman<sup>16</sup> envolvendo o mercado de viagens aéreas.

Esses resultados tendem a indicar que previsões baseadas unicamente em opiniões pessoais incorrem em viéses de forma sistemática. Pode-se pensar que uma consequência lógica seria a aplicação de métodos ou abordagens quantitativas continuar a crescer e, eventualmente, suplantando a utilização de metodologias calcadas puramente no julgamento pessoal.

No entanto, assim como não se pode obter 100% de exatidão de qualquer ferramenta de previsão, também não se poderia garantir que os métodos quantitativos

---

<sup>15</sup>S.Makridakis, S.C.Wheelwright, *Forecasting the Future and the Future of Forecasting* (p.347-348)

<sup>16</sup>J.S. Armstrong and M.C. Grohman, A comparative study for long-range market forecasting, *Management Science* 19 (1972) 211-227.

seriam sempre, em todas as situações, superiores às metodologias qualitativas, baseadas em componentes subjetivos.

O que parece mais plausível em relação ao problema é se buscar maneiras de combinar as previsões obtidas por ferramentas quantitativas com aquelas preparadas somente a partir do conhecimento e da experiência de executivos e gerentes. Sem dúvida alguma, esses últimos são elementos de extrema valia, muitas vezes impossível de ser captados e incluídos diretamente nos modelos quantitativos hoje existentes.

O futuro da atividade de previsão parece apontar para, ao lado do desenvolvimento das metodologias e de um aumento no seu poder de previsão, uma crescente integração entre as previsões baseadas em julgamento pessoal e outros métodos qualitativos com aquelas desenvolvidas a partir das ferramentas quantitativas. Influências externas ao campo das previsões também contribuirão para esse desenvolvimento. O crescimento da capacidade computacional disponível a nível gerencial, aliado à redução dos custos de processamento, tenderão a facilitar o acesso e aumentar a utilização das metodologias de previsão. Como consequência direta da soma desses fatores, haverá um aumento na exatidão dessas previsões, desencadeando maior credibilidade por parte das organizações o que, por sua vez, contribui para a continuidade do suporte ao desenvolvimento do assunto.

Um dos caminhos, senão para a referida integração, mas pelo menos na direção do contínuo desenvolvimento e melhoria de performance dos processos de previsão, pode estar já em andamento através do que se conhece por redes neurais. Redes neurais são modelos de software inspirados pelo funcionamento dos neurônios biológicos. Seus

componentes possuem uma capacidade ímpar: através do processo de combinação das entradas que lhes são imputadas e geração das saídas, realizam um aprendizado que lhes possibilita alterar a própria estrutura e a maneira de reagir aos estímulos externos. São capazes de reconhecer e tratar fenômenos relativamente complexos. Diferentemente dos modelos de séries temporais, geralmente de estrutura linear, redes neurais são inerentemente não lineares. Por esse motivo, tem sido propaladas com entusiasmo como ferramenta que trará grande contribuição ao campo da previsão, inclusive para a criação de modelos de descontinuidade.

Excetuando as grandes companhias aéreas do cenário mundial, há um caminho bastante longo a percorrer, para as pequenas e médias empresas, desde os primeiros exercícios com metodologias de previsão de tráfego até atingir o estado da arte, seja com o uso de redes neurais, ou com algum outro elemento que corporifique a referida integração entre métodos qualitativos e quantitativos. O fato inquestionável é que essa atividade necessita ser incorporada e desenvolvida cada vez mais no âmbito dos processos de gerenciamento das companhias aéreas, independentemente de seu tamanho ou área de atuação. A diferença entre o resultado positivo ou o prejuízo resultante das operações pode estar na capacidade da empresa em prever a demanda nos seus mercados de atuação ou nos quais almeja penetrar.

Como uma região com uma das maiores previsões<sup>17</sup> de taxa de crescimento para o decênio 1997-2006 em termos de viagens aéreas, de 7,1% ao ano, atrás apenas da China e da Comunidade de Estados Independentes - CIS (ex URSS), e acima da taxa

---

<sup>17</sup>BOEING, *Current Market Outlook*, 1997.

mundial, de 5,5%, a América Latina se configura como um dos principais atores no cenário do transporte aéreo no futuro próximo. Suas companhias de aviação necessitam, mais do nunca, estar preparadas para essa situação, ao mesmo tempo de oportunidade de crescimento e consolidação, mas também de nítida ameaça, através do aumento da competitividade, interna e externa. A evolução não será muito diferente da verificada primeiro nos Estados Unidos e, bem recentemente, na União Européia, com a desregulamentação do mercado. Para muitas empresas o processo foi fatal. A preparação passa, entre muitos outros aspectos, pela capacitação em prever antecipadamente a demanda de mercado - através dos processos de previsão de tráfego de passageiros.



Tabela 2 - Atributos das técnicas de previsão de tráfego:

	Métodos qualitativos			Métodos quantitativos			Modelos causais	
	Julgamento pessoal	Pesquisa de mercado	Delphi	Projeção de tendência linear	Projeção de tendência exponencial	Alisamento exponencial	Modelos de regressão	Gravity model
Exatidão:								
◊ 0 a 6 meses	boa	boa	média/boa	média / boa	média / boa	boa	boa	boa
◊ 6 a 24 meses	média	boa	média/boa	pobre/méd.	pobre/média	média/boa	média / boa	média/boa
◊ 5 anos	pobre	pobre/méd.	média	pobre	pobre	pobre/méd.	pobre/méd.	pobre/méd.
Adequação para previsão de tráfego:								
◊ crescimento	boa	boa	boa	boa	boa	boa	boa	boa
◊ modificação	média	boa	média	n.a.	n.a.	n.a.	boa	pobre
◊ novas rotas	pobre	média	pobre	n.a.	n.a.	n.a.	média	boa
Capacidade de identificar <i>turning points</i>	pobre/méd.	média / boa	média/boa	pobre	pobre	média	boa	pobre
Pronta disponibilidade de dados	boa	pobre / média	pobre	boa	boa	boa	pobre / média	média
Tempo requerido (dias)	1 a 2	90 ou mais	30 a 180	1 a 2	1 a 2	1 a 2	30 a 90	20 a 60
Custo	muito baixo	muito alto	moderado	baixo	baixo	baixo	alto	alto

Fonte: R.Doganis, Flying off Course

n.a. = não se aplica

## ABSTRACT

Traffic forecasting is one of the most important aspects of management concerns in the air transport industry. Strategic and operational planning of air transport companies depends on air passenger traffic forecasting. Decisions on spending several millions of dollars are based on forecasting results. So the market demand forecasting activity must be done with a high level of accuracy.

Traffic forecasting activity is characterized by several and complex details. People involved in such activity should proceed carefully in considering each of them. They are related to data collection and manipulation, data pattern and reliability, time horizon of projections, detail level of information needed for decision making, and characteristics of the situation under consideration to forecast.

Having in mind all these factors, managers responsible for the forecasting activity must choose between several forecasting methodologies - based on quantitative, qualitative or causal approach - the one which can best fit the present situation. The goal is to produce a forecast with high level of accuracy and confidence.

Forecasting methodologies are revised and compared with one another, considering their individual characteristics and adequacy to different forecasting situations. An application of a causal model is made in order to illustrate a real problem of traffic forecasting.

## BIBLIOGRAFIA

- ARMSTRONG, J. Scott. *Long-Range Forecasting: From Crystal Ball to Computer*. New York : John Wiley & Sons, 1985.
- Air Transport Forecasting Seminar, (1996), Cranfield, UK. *"Gravity" Models*. Cranfield : Cranfield University
- Air Transport Forecasting Seminar, (1996), Cranfield, UK. *Econometric Techniques*. Cranfield : Cranfield University
- Air Transport Forecasting Seminar, (1996), Cranfield, UK. *Time Series Techniques*. Cranfield : Cranfield University.
- AIRBUS INDUSTRIE. *Methodologies for forecasting the aircraft market*. AI/CM-P 312.0135/93. Blagnac Cedex, 1993.
- Airplane Evaluation Seminar, (1993), Seattle, USA. *Market Analysis*. Seattle : Boeing Commercial Airplane Group..
- BOEING COMMERCIAL AIRPLANE GROUP. *Current Market Outlook*. Seattle. 1997.
- CHAMBERS, John C., MULLICK, Satinder K., SMITH, Donald D. How to choose the right forecasting technique. *Harvard Business Review*, Boston, n.71403, July/August 1971.
- DAC. *Anuário do Transporte Aéreo:Dados Estatísticos - 1992* Rio de Janeiro : Departamento de Aviação Civil, Ministério da Aeronáutica.
- DOGANIS, Rigas. *Flying off Course: The Economics of International Airlines*. 2nd ed. London : Routledge, 1991.
- HANKE, John E. & REITSCH, Arthur G. *Business Forecasting*. 5th ed. New York : Prentice Hall, Inc., 1995.
- HILL, Tim, O'CONNOR, Marcus, REMUS, William. Neural Network Models for Time Series Forecasts. *Management Science*, v.42, n.7, p.1082-1092, July 1996.
- ICAO. *Airport Traffic1994*, Digest of Statistics No. 429 Series AT-No.35. Montreal: International Civil Aviation Organization.
- ICAO. *Manual on Air Traffic Forecasting*, Doc 8991-AT/722/2. 2nd ed. Montreal: International Civil Aviation Organization.

- ICAO. *On-Flight Origin and Destination 1994*, Digest of Statistics No.433 Series OFOD-No.72. Montreal: International Civil Aviation Organization.
- MAKRIDAKIS, Spyros G. *Forecasting, Planning, and Strategy for the 21st Century*. New York : Free Press, 1990.
- MAKRIDAKIS, Spyros G., WHEELWRIGHT, Steven C., *Forecasting the Future and the Future of Forecasting*. In: *Forecasting*. Amsterdam : North-Holland Publishing Company, 1986, v.12.
- O'DONOVAN, Thomas M. *Short Term Forecasting : An Introduction to the Box-Jenkins Approach*. New York : John Wiley & Sons, 1983.
- STATSOFT. *Statistica*. Tulsa : StatSoft, Inc. 1994, v.III.
- STEWART, Douglas. *Aggregating Forecasts. Scoregard*, Third Quarter, 1996.
- TANEJA, Nawal K. *Airline Traffic Forecasting : A Regression Analysis Approach*. Lexington : Lexington Books, 1978.
- WHEELWRIGHT, Steven C., MAKRIDAKIS, Spyros. *Forecasting Methods for Management*. 2nd ed. New York : John Wiley & Sons, 1977.

## Glossário

*Autocorrelação* - descreve a mútua dependência entre valores da mesma variável em diferentes períodos de tempo.

*BAA* - British Airport Authority.

*DAC* - Departamento de Aviação Civil.

*Dummy* - tipo de variável causal que assume somente valor 0 ou 1. Representa a presença ou ausência de determinado fator.

*Em voo* - diz-se dos passageiros que estão a bordo de uma aeronave em voo entre duas localidades, independentemente de sua origem e destino. As informações de tráfego de passageiros transportados divulgadas pelas empresas geralmente são de passageiros *em voo*, não revelando portanto a origem e o destino do tráfego.

*IATA* - International Air Transport Association.

*ICAO* - International Civil Aviation Organization.

*Long-haul* - referente a vôos de longo alcance. Geralmente vôos transoceânicos.

*MSE* - mean squared error.

*MSSE* - minimum sum of squared errors.

*Multicolinearidade* - propriedade de duas ou mais variáveis independentes apresentarem elevada correlação, isto é, suas variações se darem na mesma direção.

*Narrow-body* - aeronave com um único corredor longitudinal entre as poltronas, geralmente com capacidade até 150 assentos.

*Pax* - termo reduzido para passageiro(s) empregado no âmbito do transporte aéreo.

*R* - coeficiente de correlação.

$R^2$  - coeficiente de determinação.

$\bar{R}^2$  - coeficiente de múltipla determinação.

*Revenue management* - termo utilizado no âmbito do transporte aéreo para gerenciamento da qualidade da receita.

*Rota* - percurso aéreo entre duas localidades.

*RPK* - sigla para Revenue Pax Kilometer. Unidade utilizada para contabilização do tráfego de passageiros. Representa o produto dos quilômetros voados entre dois aeroportos vezes o número de passageiros pagos a bordo da aeronave

*Schedule* - conjunto de rotas e horários programados para operação pela frota de aeronaves da empresa.

*Short-haul* - referente a vôos de curto alcance.

*Tráfego* - número de passageiros ou quantidade de carga transportados pelas empresas aéreas.

*True O&D* - diz-se do passageiro sobre o qual se conhece os pontos inicial e final da viagem aérea, independentemente do número de conexões e do trajeto por ele percorrido.

*Wide-body* - aeronave com mais de um corredor longitudinal entre as poltronas, paralelos entre si, geralmente com capacidade acima de 150 assentos.

*Yield* - unidade de receita por quilômetro voado, em centavos. Obtida pela divisão da receita total da empresa pelo total dos quilômetros voados por suas aeronaves, na unidade de tempo.