

Aplicação de simulação computacional em OI: modelagem de estratégias de gerenciamento de receitas de companhias aéreas*

Alessandro Vinícius Marques de Oliveira[§]

Carlos Müller[□]

José Maria Ferreira Jardim da Silveira[†]

RESUMO

O presente trabalho buscou desenvolver uma aplicação da abordagem da simulação computacional em Organização Industrial, bem como apresentar um breve *survey* dos trabalhos relativos a essa metodologia em economia. O objeto de pesquisa foi a estratégia de Gerenciamento de Receitas das companhias aéreas no mercado composto pela ponte aérea Rio de Janeiro - São Paulo, no período posterior à maior liberalização do setor, em 1998. O Gerenciamento de Receitas é uma inovação tecnológica criada pelas companhias aéreas norte-americanas, dentro do processo de ajustamento à desregulamentação do setor, nos anos oitenta. Os resultados da simulação apontaram para ganhos de eficiência permitidos pelas estratégias e para condições não globais de superioridade em relação à alternativa de preço uniforme. A conclusão alcançada é a de que a simulação computacional é uma alternativa importante à modelagem analítica tradicional, possuindo vantagens relevantes no tratamento de sistemas econômicos, mas que também pode ser vista como uma forma metodológica complementar que proporciona um menor grau de abstração e permite a experimentação com as hipóteses adotadas pelos modelos.

Palavras-chave: simulação computacional em organização industrial, transporte aéreo, gerenciamento de receitas.

ABSTRACT

This paper aimed at developing of an application of the computer simulation approach to the Industrial Organisation, as well as at presenting a brief survey of the literature related to this methodology in economics. The object of research chosen was the strategy of Yield Management by the airlines on the route Rio de Janeiro São Paulo, in the period subsequent to the increase in the liberalisation of the sector in 1998. Yield Management is a technological innovation created by the North-American airlines in the process of adjustment to the deregulation in the eighties. The simulation results revealed gains in efficiency by the strategies and non-global conditions of superiority in comparison to uniform pricing. The conclusion achieved is that computer simulation is an important alternative to traditional analytical models as it has relevant advantages in the treatment of economic systems, although it can also be interpreted as a complementary methodology with a lower degree of abstraction and with the possibility of experimentation with the hypotheses adopted by models.

Key words: computer simulation in industrial organisation, air transport, yield management.

JEL Classification: L93, C63.

* Os autores agradecem o apoio da FAPESP e do Grupo de Transporte Aéreo/ITA, e as sugestões dos *referees*.

§ Estudante de PhD do Institute for Transport Studies da University of Leeds, UK (aviniciu@its.leeds.ac.uk)

□ Professor Doutor do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (muller@infra.ita.cta.br)

† Professor Doutor do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (jmsilv@ie.unicamp.br).

Recebido em outubro de 2000. Aceito em setembro de 2001.

Introdução

Uma das características mais marcantes do método científico da corrente *mainstream* da economia é a predominância da modelagem analítica. Sem dúvida, a notação formal e abstrata, com emprego do instrumental matemático complexo, foi um dos aspectos mais notáveis relativos à condução das pesquisas na área, nos últimos cinquenta anos, embora tenha origens tão distantes como em Cournot (1838).

Paralelamente à consolidação da abordagem analítica na economia ortodoxa, uma alternativa metodológica importante desenvolveu-se tanto nas ciências exatas quanto em algumas ciências sociais: a modelagem por **simulação computacional**. Por muitos anos à margem das investigações dos economistas, este instrumento teve Guy Orcutt como principal pioneiro, já em meados da década de cinquenta, com sua defesa de uma modelagem microanalítica:

“But Guy’s most important and influential invention lies in the conceptualization and implementation of microsimulation models in large-scale digital computers. (...) Guy believed that solid understanding of the behavior of microeconomic units - people, households, firms, school districts, and so on - had to be the foundation on which better models could be built. But more than a foundation was needed. In particular, consequences of policies toward individuals and firms may depend on how the impact of those policies is distributed among non-homogeneous groups. Aggregative time series typically do not capture these crucial distinctions (...) The dynamic microsimulation model was Guy’s answer to that problem.” (Watts, 1991)

Pode-se dizer que desde cedo a simulação computacional ganhou alguns defensores nas ciências econômicas, dentre eles Cohen (1960), Shubik (1960) e Simon (1962). Este último, por exemplo, acreditava na potencialidade da metodologia em proporcionar uma melhor compreensão dos processos de tomada de decisão dentro da firma:

“Thus, (...) economics has acquired a new theory-building and theory-testing tool that will enable it to handle far more detail of the firm’s behavior than could be treated in the past. With optimism we may even hope that [with the advent of the high-speed digital computer] the demands of the institutionalists for faithfulness to the facts will no longer seem irreconcilable with the demands of theorists for facts that are

manageable. We will feel less constrained to believe in a particular kind of world just because it happens to be a world that is easily theorized about." (Simon, 1962)

Em termos gerais, a simulação computacional tem sido utilizada para analisar dois tipos diferentes de problemas científicos: (Taha, 1982)

- Problemas teóricos complexos em áreas como matemática, física, química, estatística etc. São exemplos disto: estimação da área sob curvas, incluindo a estimação de integrais múltiplas; inversão de matrizes; solução de equações diferenciais parciais; estudo de movimentos de partículas em um plano; problemas de otimização intertemporal com solução analítica de difícil derivação etc. Pode-se mencionar que alguns desses métodos de solução são praticados, por exemplo, em econometria, como no uso de Simulação de Monte Carlo e *bootstrap*;
- Problemas relacionados à reprodução detalhada do comportamento de sistemas reais. Pode-se exemplificar essa abordagem com exemplos de simulação de problemas de gerenciamento industrial, como controle de inventário, sistemas de distribuição, programação de produção e manutenção etc. Também pode-se ilustrar com modelos de simulação de problemas comportamentais e sociais, como, por exemplo, a dinâmica populacional, o comportamento individual e coletivo etc. Usando-se também um exemplo de uma ciência não-social, tem-se a simulação de sistemas biomédicos, como a modelagem do cérebro, da proliferação de células sanguíneas etc.

O presente trabalho visa contribuir com a investigação do segundo tipo de problemas, ou seja, a reprodução de um sistema econômico em seus detalhes. Nitidamente, a modelagem de simulação computacional ainda não está presente no programa de pesquisa ortodoxo, apesar de ser reconhecidamente utilizado em outras instâncias, como na teoria dos jogos evolucionários (Nelson, 1995), na competição schumpeteriana (Grabowski e Vernon, 1987), em abordagens microanalíticas com algoritmos genéticos (por exemplo, o modelo ASPEN, que visa simular a economia norte-americana como um todo, vide Basu, Pryor e Quint, 1998), e até mesmo modelos marxistas de crescimento. (Laibman, 1981)

São basicamente dois os propósitos deste artigo. Em primeiro lugar, e mais importante, é o desenvolvimento de uma aplicação da abordagem da simulação computacional em Organização Industrial, onde, acreditam os autores, há potencialidade para a sua utilização. Em segundo lugar, a apresentação de um breve *survey* dos trabalhos de simulação computacional em economia, ilustrando os desenvolvimentos já alcançados nesta área.

De uma forma geral, a literatura da Organização Industrial não tem se pautado pela modelagem de simulação computacional para tratar da questão das estratégias empresariais. Indubitavelmente, os estudos desta área, que em geral buscam tratar de temas como comportamento do oligopólio no tempo (competição em preço, em quantidades, em capacidades etc., ou formas híbridas de rivalidade), processos de colusão, cartelização, predação, integração horizontal e vertical, discriminação de preços ou diferenciação de produtos, inovação, tratamento da informação no mercado etc. são caracterizados pela modelagem analítica tradicional.¹ Modelos de simulação são menos freqüentes, como, por exemplo, Gee (1976), Berechman e Wit (1996), Belobaba e Wilson (1997) e Morris (2000). O presente trabalho visa contribuir com essa linha de pesquisa geral.

No que diz respeito à aplicação aqui desenvolvida, foi escolhido como objeto de estudo o comportamento das companhias aéreas brasileiras na ponte aérea Rio de Janeiro - São Paulo, no período posterior à maior liberalização do mercado, no final de 1997. Em particular, escolheu-se o estudo das chamadas estratégias de **Gerenciamento de Receitas (GR)**, que são mais conhecidas no mercado por englobarem a prática de discriminação de preços, mas que agregam outros elementos de otimização que seriam complexos de serem trabalhados simultaneamente em um mercado competitivo por modelagem analítica.

O trabalho foi estruturado da seguinte forma: na seção 1 será feito um histórico da abordagem por simulação computacional em economia, contendo uma revisão de literatura; já na seção 2 será discutido o objeto de aplicação, com a descrição do processo de liberalização do setor de transporte aéreo e o relato das estratégias e do Gerenciamento de Receitas na ligação, analisando as razões para se modelar tal mercado por meio de simulação; em seguida, tratará especificamente do modelo de simulação, englobando as etapas de construção, calibração, validação e experimentação - esta última proporcionará a coleta de resultados de eficiência e racionalidade das estratégias; por fim, serão apresentadas as conclusões e um balanço sobre a aplicação e a metodologia empregadas.

1 Simulação computacional e teoria econômica

A impossibilidade de desenvolver experimentos controlados sempre foi reconhecida como um dos fatores que incrementam a complexidade da área das Ciências Econômicas, tornando-a de difícil análise e mais sujeita a controvérsias. Seria, evidentemente, bem mais fácil o

1 Para um completo apanhado dos temas dominantes da área, vide Schmalensee e Willig (1989).

trabalho do economista se este pudesse exercer, de forma efetiva, e não somente teórica, a cláusula marshalliana do *coeteris paribus* sobre o seu objeto de pesquisa, sendo possível, de fato, a alteração não apenas das variáveis que lhe conviessem em seus estudos, mas também das hipóteses adotadas nos modelos.

Certamente, pode-se dizer que a figura do laboratório enquanto um *locus* de experimentações que possibilitasse o teste de teorias e hipóteses econômicas, até pouco tempo atrás era considerada como descartada. Como constata Roth (1995): “*Houve um tempo em que a sabedoria convencional era a de que, por que a economia é uma ciência que lida com sistemas complexos e espontâneos, os experimentos de laboratório tinham pouco a oferecer aos economistas.*” Nesse sentido, também esclarece Fonseca (1995), acerca do papel do economista: “*Tudo o que [ele] pode fazer é observar, construir modelos explicativos e procurar evidências que corroborem ou refutem suas teorias.*”

Essa forma de compreender a metodologia econômica, contudo, tem sido repensada desde a segunda metade do século XX, sobretudo depois da *Theory of Games and Economic Behaviour*. (von Neumann e Morgenstern, 1944) Segundo Roth (1995), esta obra serviu como estímulo para o surgimento de trabalhos que se pautavam pela abordagem do comportamento dos agentes por meio de testes experimentais - a chamada Economia Experimental. A idéia do laboratório enquanto gerador de experimentos alcançava maior reconhecimento na área.

Paralelamente a esse processo, outra ferramenta experimental surgia e era utilizada em outros campos do conhecimento, passando a influenciar, mesmo que, por muito tempo, apenas marginalmente, as Ciências Econômicas: a **simulação probabilística por computador**. Saliby (1989) descreve que a simulação surgiu como uma extensão do Método de Monte Carlo que, por sua vez, também teve sua origem em von Neumann, em parceria com Ulan, sendo, inicialmente, uma forma de solução para problemas matemáticos de tratamento analítico inviável. Posteriormente, Tocher (1963) utilizou o método de forma mais abrangente, na análise de questões mais gerais, viabilizando a sua adoção em diversas áreas.

Adelman (1987), em uma resenha especial para o *The New Palgrave - a Dictionary of Economics*, relata que “*os modelos de simulação são plenamente aceitos na Engenharia (...)*”, sendo usados em uma gama de propósitos, como planejamento, auxílio à tomada de decisões empresariais, logística, problemas de dimensionamento de capacidade etc., mas, continua a autora, que “*são apenas parcialmente aceitos nas Ciências Econômicas enquanto ferramentas para a compreensão das propriedades de uma economia que é por demais complexa, tanto matematicamente quanto estruturalmente, para uma solução analítica.*”

Na direção contrária a esse aparente desprezo pela ferramenta computacional em diversas escolas de economia, Blaug (1980), citando uma pesquisa de Wassily Leontief em artigos da *American Economic Review*, já na década de setenta, aponta resultados relevantes. Se entre 1972 e 1976 apenas 0,5% das publicações utilizavam-se da abordagem chamada de “análise empírica baseada em simulação e experimentos artificiais”, entre 1977 e 1981 esse montante subiu para 1,9%, quase que quadruplicando a sua participação, aumento este que é o maior dentre os demais tipos de abordagens (empíricas ou não empíricas, tradicionais ou não).

A simulação por computador é, por essência, uma forma de trabalho em laboratório, em que se pode modelar um dado sistema, buscando-se reproduzir suas características reais observadas e mensuradas. Caracteriza-se por viabilizar a experimentação controlada, ou seja, a alteração de variáveis exógenas e hipóteses adotadas, com a finalidade de se observar o efeito nas variáveis endógenas, líquido das flutuações indesejáveis das outras variáveis que compõem o sistema. A simulação, portanto, permite a experimentação com a manutenção da cláusula *coeteris paribus*, o que a torna atrativa como abordagem de problemas científicos.

No que tange à experimentação, contudo, cabe uma distinção fundamental: deve-se segregar a “simulação”, permitida pelos modelos analíticos, da construção de cenários experimentais da simulação computacional. Com a primeira, tem-se que o investigador **manipula (fixa) o valor de variáveis exógenas do modelo, dadas as hipóteses adotadas**, como forma de construir “cenários simulados”. Entretanto, essa não é a principal característica da simulação computacional e nem pode ser entendida como uma vantagem; a experimentação, nesta abordagem, diz respeito à possibilidade de, uma vez construído o modelo, permitir-se uma direta **manipulação das próprias hipóteses do modelo, dados os valores das variáveis exógenas**, como forma de testar teorias e a relevância das hipóteses adotadas, nos resultados finais alcançados. É por essa característica que as vantagens da simulação computacional, enquanto meio de experimentação, são melhor visualizadas.

Há também que se separar a simulação computacional dos experimentos da Economia Experimental. Roth (1995) descreve bem essa diferença, mostrando que “*as simulações por computador e os tipos de investigação que alguém pode fazer com elas, eram confundidos com os experimentos envolvendo a observação de pessoas reais em ambientes controlados*”; a distinção deve ser nítida: “*enquanto as simulações por computador são úteis para se criar e explorar modelos teóricos, os experimentos são úteis para se observar o comportamento.*”

Naylor (1971) define de maneira clara o instrumento de simulação: “*uma técnica numérica para a condução de experimentos com certos tipos de modelos matemáticos que descrevem o comportamento de um sistema complexo ao longo do tempo em um*

computador (...).” Naylor (*apud* Adelman, 1987) demonstra também que um modelo **A**, para ser um simulador do sistema real **B** tem que obedecer a três condições:

- i. **A** deve ser uma boa representação de **B**;
- ii. **A** deve ser usado para conduzir experimentos com o objetivo de representar como **B** iria reagir sob condições experimentais aplicadas a **A**;
- iii. Um computador deve ser usado para a efetivação dos experimentos.

Um aspecto final relativo à simulação computacional diz respeito ao tratamento detalhado dos agentes enquanto “microentidades”, em comparação com a hipótese do “agente representativo”, típico dos modelos analíticos tradicionais. Leijonhufvud (1993) enfatiza esse ponto, colocando que enquanto estes mantêm-se na chamada abordagem *top-down*, na qual “*a dinâmica de todo o sistema é dada pela solução de um único problema de otimização [a do agente representativo trabalhado em nível geral]*”, os modelos de simulação são tipicamente *bottom-up*, ou seja, referenciam-se no nível microanalítico (Orcutt, 1987), podendo assim ser mais realistas, por não necessitarem do recurso às “habilidades super-humanas” do comportamento econômico; os resultados do sistema como um todo, nesta abordagem, são gerados a partir das interações das microentidades, trabalhadas em sua individualidade.

Essa dicotomia é colocada pelo autor como uma distinção entre o “homem-econômico” (racionalidade substantiva) e o que ele chama de “homem-algoritmo” (teste de algoritmos de racionalidade). A regra de modelagem na simulação computacional, portanto, “*é a de que se pode assumir o tanto de ‘racionalidade’, por parte dos tomadores de decisão, que se desejar - até enquanto se puder, também, especificar os algoritmos correspondentes e implementáveis pelos quais eles possam tomar suas decisões.*” (Leijonhufvud, 1993) Isto resume a idéia dessa abordagem para as Ciências Econômicas, que foi incorporada como uma das vertentes da Economia Computacional. (Society for Computational Economics, 2001)

Para concluir, pode-se descrever resumidamente algumas das vantagens da simulação computacional mencionadas: possibilidade de tratar tanto o nível macroscópico quanto o microanalítico, definindo os agentes participantes e seu comportamento com grau de complexidade e realismo maior, sem adoção da hipótese do agente representativo; conseqüente abordagem *bottom-up* dos sistemas econômicos; dispensabilidade do tratamento matemático dos fenômenos;² possibilidade de experimentação com hipóteses comportamentais

2 Em relação a este aspecto, Marney e Tarbert (2000) dividem em duas as características da simulação computacional: possibilidade de tratamento de fenômenos complexos a partir de hipóteses simples, ou de fenômenos simples a partir de hipóteses complexas, sem necessariamente recorrer-se ao uso da matemática.

diversas e/ou do tratamento simultâneo de hipóteses alternativas (formas multifacetadas de comportamento, cf Marney e Tarbert, 2000, p. 12) etc. Mais adiante, na seção 2.2, serão descritas as vantagens da presente simulação em específico, encontradas antes e durante o processo de construção da modelagem.

2 Aplicação: a estratégia de gerenciamento de receitas no transporte aéreo

O setor escolhido para se promover a aplicação da simulação computacional em Organização Industrial foi a indústria de transporte aéreo brasileiro. Esta escolha baseou-se no fato de haver literatura prévia fundamentada nesse tipo de abordagem, como, por exemplo, Berechman e Wit (1996), Belobaba e Wilson (1997) e Bresson (1999), que acabaram por representar o início de uma fronteira de pesquisa na área de economia do transporte aéreo.

O objeto de análise foi a modelagem das estratégias das companhias aéreas no ambiente competitivo que se formou após a aceleração do processo de liberalização pelas autoridades reguladoras do setor. Escolheu-se, assim, a ponte aérea Rio de Janeiro - São Paulo, por se tratar do fluxo de passageiros mais denso do sistema de transporte aéreo nacional, por estarem presentes as principais empresas, e pela sua representatividade em relação à aviação comercial regular em geral, tipicamente caracterizada por viagens por motivo de negócios.

2.1 A liberalização do transporte aéreo brasileiro e o surgimento das estratégias de gerenciamento de receitas

A indústria do transporte aéreo brasileiro passou, desde início da década de noventa, por intensas modificações em seu ambiente competitivo, à medida que o governo federal e, mais especificamente, a autoridade aeronáutica - o Departamento de Aviação Civil, DAC - começou a conceder maiores graus de liberdade na fixação de tarifas e na entrada em linhas antes exclusivas a certas empresas. Estas orientações governamentais ficaram conhecidas como Política de Flexibilização do Transporte Aéreo e estavam inseridas em um conjunto maior de medidas de liberalização, iniciadas com o Programa de Federal de Desregulamentação.³

Esse processo foi acelerado ao final do ano de 1997 e início de 1998. Naquele período foram expedidos dois importantes atos administrativos no sentido de acentuar a Flexibilização e estimular a competição das operadoras: a Portaria 986/DGAC, de 18 de dezembro de 1997,

3 Decreto n. 99.179 de 15 de Março de 1990. Vide Espírito Santo Jr., Barreiro e Santos (1998).

que liberou as empresas para a prática de tarifas com descontos de até 65% sobre o valor de referência fixado, e a Portaria 05/GM5, de 9 de janeiro de 1998, que liberou “qualquer empresa aérea regular brasileira” para operar as chamadas “Linhas Aéreas Especiais”, que são as linhas que ligam os aeroportos centrais (dentre eles, os de Congonhas e Santos Dumont, as bases do tráfego da ligação Rio de Janeiro - São Paulo, o foco do presente trabalho).

O impacto na competição entre as operadoras da ligação foi quase que imediato, sendo que, durante o ano de 1998, diversos episódios competitivos foram irrompidos em muitas ligações do sistema, o que ficou conhecido como “guerra de preços”, fenômeno semelhante às *fare wars* norte-americanas no começo da década de oitenta, no período em seguida ao *Airline Deregulation Act* de 1978.

Especificamente na ligação Rio de Janeiro - São Paulo, observou-se um acirramento das estratégias de preço ainda mais notável, dado que levou ao rompimento de um cartel de quase quarenta anos: o chamado “*pool* da ponte aérea”, composto, na ocasião, por Varig, Vasp e Transbrasil. Realmente, em março daquele ano observou-se uma redução de mais de 25% nos preços praticados, iniciada pela concorrência (sobretudo a Tam), e que foi seguida do anúncio de rompimento daquela estrutura cooperativa.

Não obstante a relevância da guerra de tarifas que se estabeleceu no mercado pós-flexibilização, há que se enfatizar o surgimento de um outro tipo de estratégia de preços, mais inovador e tão efetivo quanto a própria redução das tarifas: as estratégias conhecidas no setor como **Gerenciamento de Receitas**. Criadas paralelamente na American Airlines, com o nome de *Yield Management*, e na Delta Airlines, como *Revenue Management*, elas têm caracterizado as disputas competitivas no setor por todo o mundo, e um pouco antes da guerra de preços da ponte aérea haviam sido introduzidas em outras ligações brasileiras.

O Gerenciamento de Receitas - uma das inovações surgidas no transporte aéreo com o ajuste das empresas ao processo de desregulamentação norte-americano - tem sido um dos instrumentos competitivos que mais têm gerado lucros para as companhias aéreas em todo o mundo. São conhecidos os casos onde essa ferramenta mostrou-se efetiva no estímulo do crescimento das receitas, como na American Airlines, onde, de 1989 a 1991, gerou ganhos de US\$ 1,4 bilhões - indicador expressivo se comparado com os US\$ 892 milhões de lucros do mesmo período. (Cross, 1998) Também em setores correlacionados, como o hoteleiro e o de alugueis de automóveis, estas estratégias têm sido amplamente difundidas; sabe-se, por exemplo, que a National Car Rental americana reverteu um quadro de quase liquidação, ao adotar o Gerenciamento de Receitas, gerando aumentos de receita de US\$ 56 milhões. (Geraghty e Johnson, 1997)

O Gerenciamento de Receitas possui três componentes básicos: (Botimer, 1996)

- discriminação de preços de segundo grau em esquema de auto-seleção, visando à maximização das receitas;
- diferenciação de produtos com base na segmentação de consumidores - os chamados “*fare products*”, caracterizados pela imposição de restrições na compra de passagens mais baratas por segmentos menos inelásticos a preço (evitar condições de arbitragem e conseqüente diluição de receitas);
- utilização de algoritmos de otimização chamados de controle de estoque de assentos (CEA) que promovem limites de passagens disponíveis aos segmentos de mercado, segundo as previsões de demanda para cada voo.

Em geral, tem-se que a diferenciação de produtos e a discriminação de preços são os instrumentos mais visíveis do Gerenciamento de Receitas. Entretanto, há que se enfatizar que as estratégias são reconhecidamente mais efetivas quando o terceiro elemento também está presente, ou seja, quando a companhia aérea adota, junto com seu sistema de reservas, um subsistema que engloba rotinas de otimização dinâmica sob a forma de controle de estoque de assentos. Este tipo de algoritmo permite que se disponibilize ao sistema de reservas uma quantidade ótima de assentos para cada preço oferecido (classes tarifárias), de acordo com as probabilidades associadas à chegada de passageiros com diferentes elasticidades-preço da demanda; com ele se tem o caráter de inovação tecnológica das estratégias.⁴

A forma de introdução dessas estratégias na ponte aérea foi a seguinte: em maio de 1998 a Tam divulga o lançamento de uma estrutura de três tarifas (R\$ 119, R\$ 99 e R\$ 79), e em setembro, Vasp e Transbrasil, em conjunto, criam a promoção de cinco tipos tarifas (R\$ 113, R\$ 97, R\$ 81, R\$ 73 e R\$ 65). Desde então o Gerenciamento de Receitas vem sendo utilizado pelas companhias aéreas brasileiras, e aquele período de competição pode ser utilizado de maneira ilustrativa de como a modelagem de simulação pode contribuir para reproduzir uma ligação do setor de transporte aéreo.

Uma argumentação importante que pode ser levantada em relação à pesquisa é o fato de se trabalhar com apenas um mercado, a ponte aérea Rio de Janeiro - São Paulo, quando o ideal seria adotar a hipótese de “contato multimercado” entre as companhias aéreas, em várias

4 Para uma descrição histórica do desenvolvimento do GR enquanto inovação, conferir Smith, Leimkhuler e Darrow (1992) e Cross (1998).

ligações do transporte aéreo nacional (como o fazem Evans e Kessides, 1994). Entretanto, este tipo de modelagem ficou prejudicado pela falta de dados desagregados das ligações aéreas nacionais, afora a ponte aérea, no Anuário Estatístico do Departamento de Aviação Civil. Pode-se dizer, entretanto, que a alta densidade de passageiros e a lucratividade da ligação em relação às demais pode ser colocada como um fator que obriga as companhias a terem estratégias especialmente confeccionadas para ela; até mesmo as autoridades aeronáuticas possuem mecanismos de regulação especiais para a rota. O fator de contato multimercado pôde, assim, ser considerado exógeno na modelagem, sem comprometer os resultados atingidos.

2.2 Discussão da metodologia: por que simulação e não modelagem analítica?

Antes de apresentar a modelagem de simulação propriamente dita, o que será feito na seção 3, torna-se fundamental argumentar acerca da sua aplicabilidade para o presente caso.

Indubitavelmente, a modelagem analítica da competição no oligopólio na literatura econômica é exaustiva. Sobretudo na corrente *mainstream*, os modelos de teoria dos jogos têm dominado a investigação dos fenômenos competitivos caracterizados pela interação estratégica. A discussão que prepondera diz respeito à caracterização dos jogos em termos de alguns elementos cruciais: quanto à forma da competição no tempo, se são estáticos, repetidos, em dois estágios ou dinâmicos; quanto ao produto, se é homogêneo ou heterogêneo; quanto às estratégias usadas, se são jogos de Cournot, Bertrand, Stackelberg, ou se obedecem padrões do tipo competição de Stigler-Porter, do tipo Rotemberg-Salloner etc. Também têm sido populares os modelos de estimação econométrica da conduta e das variações conjecturais das empresas, com inferências sobre poder de mercado. Um amplo relato dessas modelagens pode ser encontrado em Schmalensee e Willig (1989).

Conforme foi conceituado, as chamadas estratégias de Gerenciamento de Receitas são caracterizadas, dentre outros elementos, como estratégias de discriminação de preços. Também nesse caso a literatura tradicional é farta em modelagens tanto teóricas quanto empíricas, como descrito em Wilson (1997) e Varian (1989). Dentro da própria literatura do Gerenciamento de Receitas, há trabalhos que procuram lidar com essas estratégias em um mercado utilizando-se do instrumental analítico, como o modelo de discriminação de preços de terceiro grau de Belobaba (1987) e Botimer (1996).⁵

5 Belobaba (1998) discute a literatura dos modelos analíticos de GR com discriminação de preços de terceiro grau.

Uma pergunta extremamente relevante nesse contexto é sobre a necessidade de empregar a metodologia da simulação por computador para o objeto de análise em específico. Por que utilizar a simulação e não modelagem analítica para estudar as estratégias de Gerenciamento de Receitas das companhias aéreas? A partir da argumentação desenvolvida na seção 1, onde foram discutidas as vantagens gerais da simulação computacional, buscou-se focar na presente modelagem, com a finalidade de justificar a aplicação em OI. Os seguintes pontos foram levantados como vantagens da simulação, e serão melhor detalhados na próxima seção:

- Relaxamento da hipótese de “consumidor representativo”· segregação da demanda em quatro tipos de segmentos de consumidor, com preferências e atributos de escolha distintos (ex.. há segmentos que escolhem baseados na desutilidade do preço, há outros que se baseiam na desutilidade causada pelo tempo de espera - *schedule delay* - e há segmentos híbridos, cuja escolha é definida de maneira intermediária); experimentação com as hipóteses dos padrões alternativos de escolha dos segmentos;
- Tratamento probabilístico desagregado da escolha: distribuições de probabilidade estimadas e definidas por segmento de consumidor; tratamento da chegada dos consumidores nos sistemas de reservas das companhias aéreas: segue um processo estocástico não homogêneo de Poisson (PNHP, vide Ross, 1985), também desagregado por segmento; consideração de uma distribuição de probabilidade de chegadas ao longo de cada dia de simulação. O tratamento da interação de todas estas distribuições de probabilidade e processos estocásticos, simultaneamente, tende a ser de difícil desenvolvimento em um modelo analítico, e acaba requerendo a adoção de hipóteses simplificadoras, sendo que a simulação permite a inserção de cada um dos componentes isoladamente e observação do resultado final;
- Consideração da programação horária de vôos detalhada de cada empresa, enquanto atributo importante de determinação das preferências e efetivação da escolha; modelos analíticos necessitariam criar variáveis *proxy* para caracterizar esse atributo, o que poderia não refletir adequadamente o processo gerador de dados de escolha; tal efeito é evitado pela modelagem da programação praticada no mercado, como um elemento da simulação;
- Consideração de estrangulamentos de capacidade de acordo com a distribuição de chegada ao longo do dia da demanda. Um modelo analítico necessitaria subdividir a análise em pelo menos dois tipos de demanda: a de pico e a de fora do pico, investigando-se os efeitos na utilização da capacidade de cada uma. O modelo de simulação permite a possibilidade de se desagregar a demanda ao longo de quantos intervalos de tempo se achar

conveniente (chegada ao longo do dia, como descrito acima) e de se observar o comportamento estratégico dos agentes no decorrer dos períodos de escassez de oferta;

- Possibilidade de observação dos resultados de um esquema de discriminação de preços de segundo grau, em auto-seleção, pelos consumidores e inferências sobre a sua eficiência e bem-estar, sem recorrer a hipóteses simplificadoras da discriminação de terceiro grau. A simulação, por envolver maior desagregação, permite um tratamento mais específico de como se processa a auto-seleção.
- Consideração de diferentes estratégias de preço para cada empresa: preço uniforme para algumas, discriminação com 3 tarifas para outras e discriminação com 5 tarifas para outras, simultaneamente. De forma geral, o modelo de simulação permite a inserção do número de estratégias simultâneas que se desejar, e de forma desagregada por agente de oferta;
- Consideração de outro elemento típico do Gerenciamento de Receitas: as rotinas de controle de estoque de assentos (CEA). O algoritmo escolhido para representar estas rotinas foi a chamada “regra de Littlewod” (vide Belobaba 1987), um sistema de equações que calcula a receita marginal esperada por assento, para cada classe de tarifas, e gera limites ótimos de assentos para as classes tarifárias. Este sistema requer constante alimentação de informações do sistema de reservas que, por sua vez, dependem da resultante das interações das distribuições de probabilidade de demanda (antecedência da chegada, tipo de consumidor, horário da viagem etc.) com os elementos de oferta (basicamente preço oferecido e horário do próximo vôo disponível, que podem variar de consumidor para consumidor e ao longo do tempo). Trata-se, portanto, de um algoritmo que, apesar de relativamente simples, precisa ser alimentado com informações que são de alta complexidade de serem deduzidas de forma apriorística. Além disso, os limites para número de assentos gerados proporcionam, por sua vez, interferência na escolha dos passageiros (simultaneidade do algoritmo em relação à demanda, de uma forma mais complexa para ser estimada por equações estruturais).

3 Simulação das estratégias de gerenciamento de receitas

A abordagem de simulação das estratégias de Gerenciamento de Receitas das companhias aéreas na ligação Rio de Janeiro - São Paulo foi desenvolvida em quatro etapas fundamentais: modelagem, calibração, validação e experimentação do modelo.

3.1 Modelagem

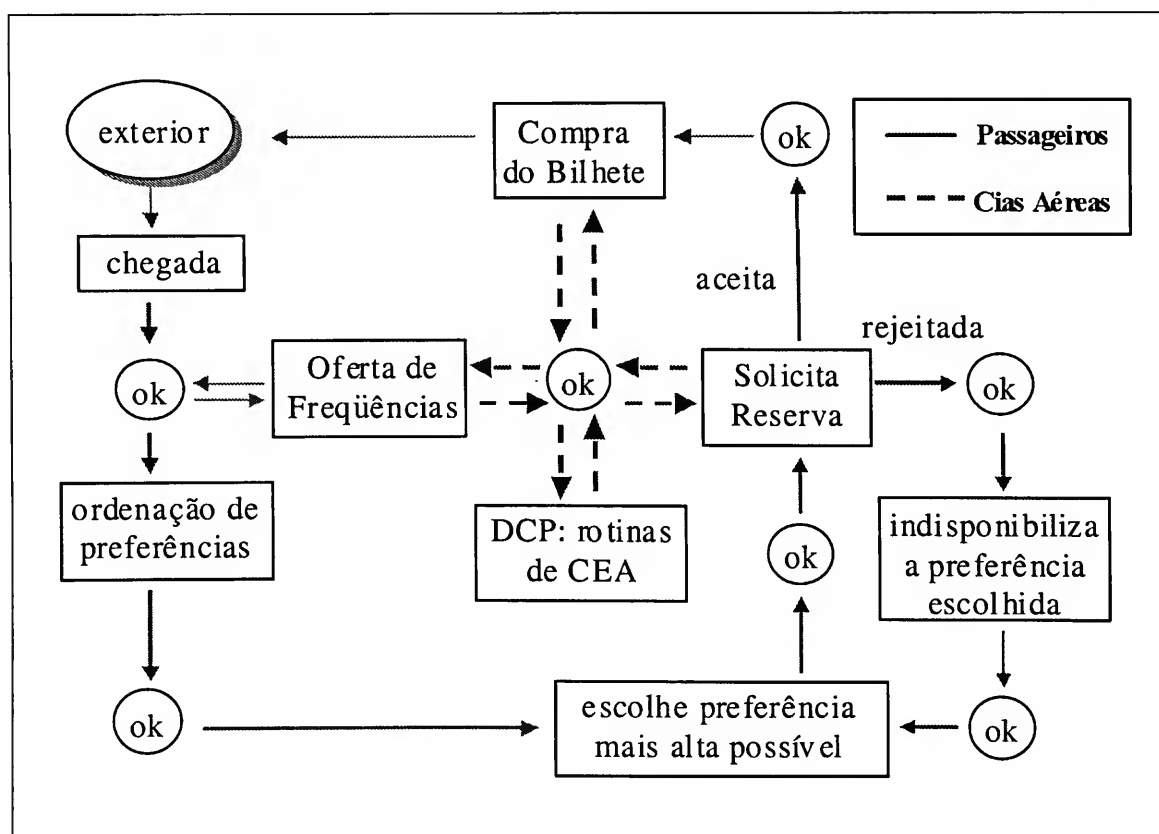
3.1.1 Definição dos elementos do modelo e sua interação

Procurou-se estruturar a análise do ambiente competitivo na ligação Rio de Janeiro - São Paulo utilizando-se um modelo estocástico, dentro de uma **abordagem de simulação evento-discreto**, ou seja, onde o relógio de simulação percorre apenas os momentos (dias) em que há geração de chegada de passageiros - os eventos do modelo. (Law e Kelton, 1991)

A primeira etapa da modelagem foi a construção do modelo propriamente dito. Trata-se de uma fase de abstração das características mais importantes do sistema a ser representado, por meio da análise dedutiva da essência do fenômeno observado, buscando-se a interpretação do papel exercido por cada uma das entidades do sistema, da sua interação e interdependência, e dos resultados emergidos dessas definições.

Procurou-se desenvolver o modelo como disposto no Diagrama de Ciclo de Atividades (forma de representação muito utilizada na literatura de simulação, cf. Pidd, 1997) da Figura 1:

Figura 1
Diagrama de Ciclo de Atividades (ACD) do Modelo de Simulação



Como pode ser observado na figura, trata-se de um modelo onde há dois grupos de entidades: os passageiros - entidades transitórias -, e as companhias aéreas - entidades permanentes. É a partir das interações entre esses elementos de demanda e oferta, respectivamente, que o ambiente competitivo é caracterizado no contexto da simulação.

É perceptível que o maior detalhamento do **ciclo de vida** dos passageiros no modelo é fundamental para se interpretar o sistema como um todo, dado que é a contextualização da sua **chegada** no sistema que condicionará o encadeamento de eventos decorrentes. O ciclo de vida dessas entidades é o seguinte: havendo a chegada - o evento probabilístico inicializador do modelo -, os passageiros promovem uma primeira interação com as companhias aéreas, analisando um primeiro atributo de oferta, as frequências de voo.

Em seguida a essa etapa, as entidades passam ao que é chamado de **ordenação de preferências**, o que significa que, baseando-se em determinados critérios de gostos e preferências, elas devem ordenar os vôos oferecidos em graus de preferência, estando aptos para escolherem a preferência considerada a melhor, a mais alta segundo critérios individuais. Pode-se perceber que o modelo não precisa conter, necessariamente, uma hipótese de racionalidade forte de perfeita ordenação em termos de maximização de utilidade, sendo que a sua experimentação em diversos contextos comportamentais e cognitivos dos agentes pode ser uma vantagem da simulação (vide seção 3.1.2).

Uma vez concluída a **escolha do voo**, é feita a **solicitação de reserva/compra** na respectiva companhia, etapa que caracteriza a segunda interação entre entidades permanentes e transitórias. A solicitação de reserva pode ser ou não aceita, dependendo da disponibilidade de assento. Caso não seja aceita pela companhia, uma rotina faz com que a entidade **indisponibilize a primeira escolha**, e opte pela próxima melhor escolha, de acordo com seus critérios de preferência, até que sua solicitação de compra seja aceita.

Sendo aceita a solicitação de compra do passageiro, a companhia aérea retira o respectivo assento do seu esquema de oferta, e a **compra do bilhete** é efetuada - há a geração de receita para a companhia, no valor cobrado pelo assento (terceira interação entre entidades transitórias e permanentes). Assim, é finalizado o ciclo de vida daquela entidade transitória.

Intermitentemente, as companhias aéreas que praticam a estratégia de GR no modelo têm a tarefa de promover a atualização dos seus sistemas, utilizando-se de novas informações acerca da demanda. Assim, nestes momentos, a simulação retira as entidades permanentes do estado inativo para o estado ativo de promoção das **rotinas de Controle de Estoque de Assentos** (algoritmo de otimização baseado na receita marginal esperada por assento da

“regra de Littlewood”⁶), o que é feito sem nenhuma interação com as entidades dos passageiros. Mayo (1999) conta que as empresas aéreas usualmente denominam estes instantes do tempo de DCPs, ou *data collection points*, por serem justamente os momentos nos quais os sistemas de GR coletam a informação estocada nos sistemas de reservas, como forma de efetuarem a otimização do estoque de assentos ofertado.

Por fim, cabe mencionar que o modelo construído foi programado em código da linguagem *Visual Basic for Applications*; utilizou-se a cadeia de números aleatórios padrão da linguagem de simulação SIMAN.⁷

3.1.2 Definição dos algoritmos de racionalidade

Pelo menos desde Friedman (1953), a irrelevância do tratamento de hipóteses sob o critério do realismo tem sido a pauta da análise econômica ortodoxa. Como coloca Williamson (1989): “*Many economists treat behavioral assumptions as unimportant.*”

Em simulação computacional, a questão das hipóteses comportamentais é vista sob uma outra ótica. Por causa da possibilidade da experimentação, ou seja, do manejo dos dados de entrada dos modelos computacionais - dentre eles, as hipóteses consideradas -, o teste das hipóteses torna-se uma tarefa exequível. Hipóteses como a da *bounded rationality*, ou as de aprendizado *learn-by-doing*, por exemplo, podem ser trabalhadas detalhadamente tanto em nível individual como também organizacional. O artigo de Grabowski e Vernon (1987) é um exemplo de simulação computacional que considera comportamentos de agentes “pioneiros” e agentes “imitadores”, em uma competição schumpeteriana na indústria farmacêutica.

Até mesmo a “irracionalidade” de um subconjunto de agentes pode ser testada usando-se a simulação; por exemplo, dentro da análise neoclássica, pode-se estudar os efeitos de haver um grupo de indivíduos que violam pressupostos de escolha racional, como a transitividade ou a preferência revelada.⁸ Trata-se, portanto, de um instrumento que, de forma geral, permite

6 A “regra de Littlewood” diz que somente se deve alocar assentos para uma classe com desconto maior quando a receita marginal esperada por assento na classe atualmente aberta para reservas for menor do que a receita marginal esperada para aquela classe com desconto, o que é condizente com a racionalidade neoclássica para o problema da firma. O número ótimo de assentos, para cada classe tarifária, é assim determinado por meio de otimização dinâmica, levando-se em conta os processos estocásticos envolvidos. Para uma representação formal do modelo de otimização envolvido, vide Belobaba (1987 e 1989).

7 Sobre a semente e parâmetros utilizados nessa cadeia de números aleatórios, cf. Law e Kelton (1991).

8 Telser (1994) argumenta que este tipo de análise também pode ser efetuada sob o contexto da chamada *Core Theory*, apesar desta, segundo o autor, ainda possuir a reputação de ser “por demais abstrata”

que hipóteses diversas, e até mesmo conflitantes, possam ser introduzidas simultaneamente no modelo, de acordo com as características dos agentes que estejam sendo investigados.

A presente pesquisa buscou tratar o comportamento de escolha dos passageiros na ponte aérea por meio da definição de segmentos de demanda. Por se tratar de um esforço embrionário de pesquisa, não foram, neste estágio, introduzidas ou testadas hipóteses mais avançadas como as acima referidas. A modelagem da racionalidade efetuada, entretanto, atendeu aos quesitos de simplicidade e eficiência quanto aos resultados.

No que diz respeito à segmentação da demanda, foi utilizada a tipologia de Belobaba (1998), que caracteriza quatro tipos de passageiros: Tipo T_1 - muito sensível a horário e pouco sensível a preço -, Tipo T_2 - sensível a horário e preço -, Tipo T_3 - muito sensível a preço e insensível a horário - e Tipo T_4 - insensível a horário e ao preço. Além desses tipos, foi introduzida a questão da forte preferência por companhia aérea (por causa de programas de milhagem, tradição ou nome da companhia, etc.). Ambas as informações - de segmentação e de forte preferência - foram captadas por uma pesquisa de campo no Aeroporto de Congonhas - São Paulo (conferir Oliveira, 2000).

Foram três as formas definidas de algoritmos de racionalidade da escolha dos tipos de consumidor: uma para as entidades sensíveis a horário e insensíveis a preço (tipo T_1), uma para as entidades sensíveis a preço (tipos T_2 e T_3) e uma para as entidades insensíveis a preço e a horário (tipo T_4). Procurou-se definir e analisar o comportamento dos quatro tipos de entidades transitórias em um sistema como a ligação Rio de Janeiro - São Paulo, caracterizada pelos padrões de ponte aérea, onde o consumidor, em geral, em viagem por motivos de negócios, atribui muita importância ao seu tempo, por ser recurso escasso. Com certeza, o comportamento dos passageiros de todos os tipos é bastante característico e distinto de outros mercados, e os algoritmos atribuídos a eles devem possuir a propriedade de lidar com essa questão adequadamente.

Analisando-se o primeiro formato teórico de algoritmo - das entidades de tipo T_1 , sensíveis a horário e insensíveis a preço -, tem-se que, como a variável preço da companhia aérea k no voo j , p_j^k , exerce baixa ou nenhuma influência na escolha do tipo, a ordenação das preferências foi construída com base no chamado *schedule delay*, S_d - o atraso, em unidades de tempo, que o horário de voo ofertado pela companhia aérea representa em relação ao horário de partida desejado pelo passageiro.⁹ Quanto maior este atraso, mais desutilidade é

9 O *schedule delay* é uma medida conhecida na literatura do transporte aéreo para reportar um quesito importante com relação ao bem-estar dos consumidores no mercado.

3.3 Validação do modelo

Para fins de validação do modelo de simulação, buscou-se construir um estimador seqüencial de tamanho da amostra (ESTA), conforme sugerem Kleijnen (1975) e Law e Kelton (1993).

A idéia básica desse processo de validação é a promoção de testes t-Student, em relação à média amostral das variáveis de saída da simulação, construindo-se um intervalo de confiança onde estes valores possam se situar, dado um nível de significância α . Para isso, é efetuado um número $n \{ n = n_0, n_0 + 1, \dots \}$ de replicações do modelo, incrementando-se em um o número de rodadas, até que a variância amostral indique um intervalo $\theta(n, \alpha)$, em torno da média, que seja menor ou igual a um intervalo desejado θ_d , previamente arbitrado:

$$\theta_d \geq \theta(n, \alpha) = t_{n-1, 1-\alpha} S_X / \sqrt{n} \quad (1)$$

onde θ_d é a precisão desejada, $t_{n-1, 1-\alpha}$ é a estatística t-Student e S_X é a variância amostral de uma variável de saída X . Quando a referida condição for satisfeita, tem-se que o último n , igual a $n^*_\alpha(\theta)$, é o tamanho que proporciona, com $\alpha\%$ de significância, uma estimativa de média amostral cujo intervalo de confiança é menor que uma distância arbitrada *ex-ante*, considerada desejável. Caso o valor colhido no sistema real fique entre o limite inferior e superior da média amostral assim construída (intervalo este delineado utilizando-se a precisão desejada θ_d), tem-se condições de dizer que o modelo foi validado por esse critério.¹¹

Law e Kelton (1991) recomendam que se adote um $n_0 \geq 10$ e uma precisão desejada θ_d que seja de, no máximo, quinze por cento do valor da média amostral da variável, o que foi plenamente adotado nos trabalhos de validação da simulação aqui apresentada.

Utilizando-se a média amostral da variável endógena representativa da participação de mercado da empresa k (*market-share* de passageiros, MS_k), uma variável de saída básica do modelo, promoveu-se a sua comparação com os dados reais constantes no Anuário Estatístico do DAC, para o ano de 1997, visando-se ao processo de validação aqui detalhado. Assim, foi construído e calibrado **um cenário competitivo usado exclusivamente para validação do modelo, denominado de C_{97}** .

11 A "validação" tem o sentido de verificar se o teste de hipóteses consegue ou não rejeitar a hipótese nula de que o modelo de simulação reflete adequadamente o sistema real.

A Tabela 1, a seguir, detalha o processo comparativo que permitiu a validação. Os códigos de referências às empresas são: VRG (Varig), VSP (Vasp), TBA (Transbrasil), RSL (Rio-Sul) e TAM. Pode-se notar como a Tabela 1 explicitamente indica que o modelo foi validado utilizando-se um α de 0,05, para um total de 15 replicações e um θ_d de 0,50 % de *market-share* (os valores MS_k^{97} da coluna 5, obtidos no anuário do DAC, estão todos dentro do intervalo de confiança construído):

Tabela 1
Validação dos Resultados da Simulação - Cenário C97

k	Empresa Aérea	(1)	(2)	(3)	(4)	Intervalo de Confiança		(5)	
		Market Share MS_k	Variância S^2_{MS}	θ calculado (n = 15; $\alpha = 5\%$)	θ_d desejado	(3)/(1)	Limite Inferior	Limite Superior	Market Share MS_k^{97}
1	VRG	40.6%	0.29%	0.19%	0.50%	1.23%	40.1%	41.1%	40.1%
2	VSP	24.4%	0.56%	0.36%	0.50%	2.05%	23.9%	24.9%	24.5%
3	TBA	16.0%	0.36%	0.23%	0.50%	3.13%	15.5%	16.5%	15.9%
4	RSL	6.5%	0.32%	0.21%	0.50%	7.68%	6.0%	7.0%	6.7%
5	TAM	12.5%	0.27%	0.17%	0.50%	4.02%	11.9%	12.9%	12.8%

3.4 Construção de cenários experimentais e avaliação de resultados

A seção 3.3 mostrou como foi obtida a validação do cenário básico, chamado de C_{97} . Uma vez concluída essa etapa, a metodologia da simulação computacional permite, como já discutido, a experimentação com os elementos do modelo que for conveniente, podendo-se apurar os resultados que essas alterações proporcionam no sistema como um todo.

Assim, a principal experimentação realizada foi a introdução de um conjunto definido de estratégias de Gerenciamento de Receitas por parte das companhias aéreas, com o objetivo de averiguar os seus impactos na eficiência econômica do sistema e de compreender a racionalidade da sua aplicação pelas empresas.

Dessa forma, foram desenvolvidos cenários experimentais, que se pautaram pela manipulação das condições das variáveis exógenas preço e número de faixas de discriminação de preços, além da introdução do algoritmo de Controle de Estoque de Assentos (CEA), que também caracterizam o Gerenciamento de Receitas. Também foram introduzidos elementos de

diferenciação de produtos, por meio de restrições de compra ao longo do tempo, ou seja, de acordo com a antecedência da chegada da reserva.¹²

Para cada cenário construído, foram realizadas as replicações necessárias estatisticamente, de modo a se obter uma amostragem adequada das variáveis de saída de interesse: a quantidade demandada da empresa k , Qd_k , a participação no mercado em quantidades, MS^{Qd}_k , a receita total colhida, RT_k , a participação no mercado em receitas, MS^{RT}_k , a receita média colhida, RMe_k , o lucro total obtido, LT_k , o *load factor*¹³ médio por empresa, LF_k , e, finalmente, para o tipo de passageiro T_i , o preço médio desembolsado P_i e o *schedule delay* médio, Sd_i .

Os passos da experimentação foram os seguintes:

1. avaliação dos impactos na eficiência induzidos pelas estratégias, por meio da criação de dois cenários: C_{GR} , onde as empresas utilizam o Gerenciamento de Receitas, nas condições que foram observadas em 1998; e C_{PU} , que reproduz as condições anteriores à introdução do GR;
2. avaliação da racionalidade das estratégias de Gerenciamento de Receitas, por meio da criação de seis outros cenários relacionados ao C_{PU} e C_{GR} , os quais pudessem caracterizar possíveis “jogadas” das companhias aéreas.

As duas próximas subseções lidarão com essas avaliações empreendidas. Cabe ressaltar de antemão que o passo 1 está diretamente relacionado com a contribuição de simulação computacional que o presente artigo pretendeu desenvolver. Já o passo 2 representa apenas uma extensão a essa modelagem, promovendo uma reunião de um modelo de simulação com um modelo analítico, conforme será visto. O principal intuito desta articulação de ferramentas foi o de demonstrar que é possível considerar as duas abordagens como complementares em uma análise econômica, e não somente como substitutas.

3.4.1 Avaliação dos impactos na eficiência causados pelo gerenciamento de receitas

Para efeitos de estudos dos impactos de eficiência econômica das estratégias de Gerenciamento de Receitas na ligação foi desenvolvido um cenário C_{GR} , no qual as

12 Há que se enfatizar que as companhias aéreas da ligação, em 1998, optaram por não introduzir restrições explícitas de compras, como tempo de antecedência mínimo para a compra de uma passagem com desconto. Essa prática tornou-se mais usual apenas recentemente, quando restrições de acordo com o horário de voo e com a antecedência da compra foram criadas.

13 Fator de aproveitamento de aeronave.

características das estratégias foram introduzidas no modelo: discriminação de preços, diferenciação de produtos e rotinas de controle de estoque de assentos. Como as estratégias permitem um amplo espectro de configuração para cada um desses elementos, optou-se por representar fielmente as estratégias efetivamente implantadas na ligação, e não outros padrões possíveis de Gerenciamento de Receitas.¹⁴ Além disso, buscou-se simular o uso do GR, neste cenário, apenas pelas companhias que efetivamente o adotaram em 1998 (TAM e VSP-TBA).

A Tabela 2 sintetiza a contraposição de resultados dos cenários simulados C_{PU} e C_{GR} , e possibilita, por sua vez, a geração de inferências de economia normativa acerca dos efeitos gerais, em termos de bem-estar econômico líquido, para o mercado da ponte aérea Rio de Janeiro - São Paulo. Pode-se perceber que os resultados foram desagregados por tipo de segmento de consumidor (T_1 , T_2 , T_3 e T_4) e por grupo de empresas que operavam em conjunto em 1998. Considerou-se basicamente quatro critérios de análise: dois para a demanda - preços médios desembolsados e atraso médio causado pela frequência de vôo (*schedule delay*) -, um para a oferta - lucros auferidos -, e um misto, - a quantidade de assentos vendidos.

Tabela 2
Síntese dos Resultados dos Cenários de EPU e EGR

Critério 1: Desembolso (Preço Pago)	Cenário de Preço Uniforme (C_{PU})	Cenário de Gerenciamento de Receitas (C_{GR})	$C_{GR}-C_{PU}$ (%)	Critério 2: Atraso de Schedule	Cenário de Preço Uniforme (C_{PU})	Cenário de Gerenciamento de Receitas (C_{GR})	$C_{GR}-C_{PU}$ (%)
Tipo T_1	115.4	109.9	- 5 %	Tipo T_1	1:16	1:13	- 4 %
Tipo T_2	115.3	95.5	- 17 %	Tipo T_2	0:47	1:49	+ 130 %
Tipo T_3	115.1	94.8	- 18 %	Tipo T_3	1:06	1:54	+ 72 %
Tipo T_4	115.5	106.2	8 %	Tipo T_4	5:31	5:21	- 1 %
Demanda	115.4	107.1	- 7 %	Demanda	1:17	1:24	+ 10 %
<i>Em R\$ de 1998</i>				<i>Em horas de atraso</i>			
Critério 3: Lucros	Cenário de Preço Uniforme (C_{PU})	Cenário de Gerenciamento de Receitas (C_{GR})	$C_{GR}-C_{PU}$ (%)	Critério 4: Assentos Vendidos	Cenário de Preço Uniforme (C_{PU})	Cenário de Gerenciamento de Receitas (C_{GR})	$C_{GR}-C_{PU}$ (%)
TAM	1.5	0.8	- 46 %	TAM	96.6	99.6	+ 3 %
VSP - TBA	18.1	14.5	- 20 %	VSP - TBA	475.3	513.7	+ 8 %
VRG - RSL	13.5	11.6	- 14 %	VRG - RSL	508.0	491.0	- 3 %
Oferta	33.1	26.8	- 19 %	Oferta	1,079.9	1,104.4	+ 2 %
<i>Em milhões de R\$ de 1998</i>				<i>Em milhares de assentos</i>			

14 As características observáveis das estratégias, como a discriminação de preços e a diferenciação de produtos, foram obtidas de forma relativamente simples, por meio de consultas às tarifas anunciadas e ao noticiário na imprensa (ex: Coelho e Azevedo, 1998). No que tange às rotinas de CEA, contudo, em se tratando de um elemento interno das estratégias, procurou-se conhecer o sistema de Gerenciamento de Receitas de uma companhia aérea da ligação, realizando-se uma entrevista com os responsáveis pelo respectivo departamento, como forma de construir adequadamente a experimentação com o GR no modelo.

Pode-se perceber como a redução dos preços médios pagos por tipo de passageiro e para a demanda em geral (Critério 1) são acompanhados da redução dos lucros dos três grupos de empresas (Critério 3).

Esse aspecto de **fragilidade financeira generalizada**, do lado da oferta, apurado no cenário C_{GR} , tem pelo menos duas justificativas. A primeira, e talvez a mais importante, foi a simulação do GR da forma idêntica como foi implantado pelas companhias aéreas na ligação, ou seja, sem uma diferenciação de produtos adequada. Deve-se enfatizar que o GR, enquanto um instrumento de otimização das receitas, fornece todas as condições para que a lucratividade aumente.¹⁵ Entretanto, se utilizado com imperfeita segmentação da demanda - ou o que é o mesmo, com diferenciação de produtos ineficaz -, a tendência é que os ganhos de receita sejam acompanhados de **diluição** das mesmas, como ressaltam Oliveira e Serapião (2000).¹⁶ Sem uma eficiente implantação de restrições de compra e não apenas, como em 1998, baseadas somente na antecedência da chegada, o esquema do GR de discriminação de preços de segundo grau por auto-seleção tem sua performance comprometida - sobretudo em uma ligação caracterizada pela chegada das reservas com baixíssima antecedência do vôo. Com certeza, este foi o caso do cenário C_{GR} , sendo que Oliveira (2000) estimou a diluição de receitas em torno de 6% a 10% da receita total.

Uma segunda razão para os lucros menores do C_{GR} é o fato do mercado estar no trecho inelástico a preço da curva de demanda (conforme estimam Oliveira e Müller, 2000) e, assim, quaisquer reduções de tarifa média implicam redução de receitas (e de lucros, considerando-se o custo médio constante).

O incremento das vendas, também visualizado na Tabela 2 (Critério 4), é um aspecto econômico fundamental de monitoramento, dado que o transporte aéreo no País não é um modal popular, por fatores de renda e de preços relativos dos meios de transporte. Nessa linha de pensamento, a geração de demanda, implícita no incremento das vendas apurado, é também um importante ponto a ser considerado normativamente.

Igualmente, ainda atentando-se para o Critério 4, no que se refere à conquista de mercado pelas empresas praticantes do GR, há que se mencionar que a estratégia permitiu um grau menor de concentração da fatia de mercado em poder de uma única empresa, dado que, às

15 Conferir Belobaba (1987, 1989), Daudel e Vialle (1993) e Cross (1998), por exemplo.

16 A diluição de receitas acontece porque há o fenômeno da "dispersão negativa", que é a compra de passagens com descontos por consumidores cujo preço de reserva é maior - que poderiam comprá-las sem desconto ou com descontos menores. Trata-se de uma situação onde a arbitragem nos submercados é possível (Oliveira, 2000).

companhias que possuem menor participação na oferta (grupos TAM e VSP-TBA), foi possibilitado o incremento de demanda e conseqüente aumento de aproveitamento de vôo, enquanto que as companhias com maior participação (grupo VRG-RSL) tiveram sua parcela reduzida de 47,0% do total da demanda, para 44,5%.¹⁷ Isto representou a promoção de uma maior equidade entre as empresas participantes do mercado, com o uso das estratégias.¹⁸

Por fim, pode-se mencionar o aspecto da **eficiência na alocação** (Botimer, 1996) como um *second best* de posição de bem-estar no mercado sob consideração. Propiciou-se, com o GR, a alocação do transporte aéreo de forma mais adequada para os consumidores que mais o valorizam. Isto pode ser analisado por meio dos Critérios 1 e 2.

Assim, para os consumidores do tipo T_1 , mais exigentes no que tange ao horário, houve a alocação de vôos com horários mais próximos aos seus horários desejados (redução do *schedule delay*, Critério 2), incrementando o bem-estar desse segmento. Indubitavelmente, trata-se do grupo de consumidores com maior representatividade na ligação. Por outro lado, para os consumidores do tipo T_3 , mais sensíveis ao preço, foram alocados os vôos com preços, em média, mais baixos (Critério 1), o que também significou incremento de bem-estar alocativo.

A conclusão que se extrai, em termos normativos, dos impactos das estratégias de GR para o mercado da ligação Rio de Janeiro - São Paulo, considerado como um todo, é que essas estratégias são um importante instrumento de geração de bem-estar, principalmente o bem-estar no seu conceito de eficiência na alocação para a demanda, e possibilitando os aumentos de aproveitamentos médios e desconcentração econômica, pelo lado da oferta.

As estratégias tiveram, contudo, resultado abaixo do esperado, no que diz respeito a importantes aspectos da função utilidade das empresas participantes, como no caso dos lucros e receitas; por isso, **a correção dos problemas relacionados à diluição de receitas deve ser estimulada**, tanto pelas próprias empresas quanto pelas autoridades incumbidas do acompanhamento econômico do setor.¹⁹

17 Contudo, uma “reação” do grupo VRG-RSL, em termos de adoção do GR, prejudicaria esta conclusão. Será visto na próxima subseção, entretanto, que esta reação não seria vantajosa para o grupo, em termos de lucros.

18 Assim, pode-se concluir que o GR não apenas gera demanda nova (não é um ‘jogo de soma zero’), mas também é um instrumento eficaz na conquista de mercado já existente, como já observavam Belobaba e Wilson (1997).

19 Vide Oliveira e Serapião (2000), para um estudo mais pormenorizado de como esta questão pode ser tratada.

A introdução do GR, para ser potencializada em seus efeitos positivos de bem-estar social, deve ser acompanhada de um efetivo reforço em seus três componentes, apresentados na seção 2. Deve-se, portanto, estimular a promoção de estruturas de discriminação de preços adequadas, o investimento em sistemas mais sofisticados de CEA e, principalmente, a correta efetivação da diferenciação de produtos, com a imposição de mecanismos de segmentação - restrições de compra - que impeçam o fenômeno da diluição de receitas.

3.4.2 Avaliação da racionalidade do gerenciamento de receitas no mercado

Uma questão final abordada pela presente pesquisa foi o tratamento da racionalidade dos agentes de oferta em relação ao Gerenciamento de Receitas. A seção 3.1.2 buscou descrever como foi tratada a racionalidade dos agentes de demanda (passageiros), por meio dos algoritmos de escolha. No que diz respeito às companhias aéreas, contudo, o único elemento de modelagem da racionalidade foi a incorporação das aludidas estratégias que, por meio das rotinas de controle de estoque de assentos, permitem a maximização da receita, pela estimação da receita marginal esperada (cf. seção 3.1.1).

A análise que ficou intacta é sobre **o porquê da utilização do Gerenciamento de Receitas** em uma ligação como a ponte aérea. Como pode ser analisada a racionalidade do seu emprego, em um ambiente competitivo como o descrito, caracterizado pela alta inelasticidade-preço da demanda e pela baixa taxa de antecedência de reservas em relação aos vôos? Há uma racionalidade dominante, ou seja, em todos os casos o GR é mais vantajoso que o preço uniforme, como descreve a literatura específica (ex. Belobaba e Wilson, 1997 e Smith, Leimkuhler e Darrow, 1992) ou há casos em que, dependendo das condições competitivas, o preço uniforme pode ser estratégia mais vantajosa?

A resposta a essas perguntas permite que se utilize uma característica relevante dos modelos de simulação computacional: a sua articulação com modelos analíticos. Com o intuito de demonstrar esta **potencialidade de complementaridade entre as abordagens**, a presente pesquisa buscou orientar a fase de experimentação também no sentido de construção de cenários para alimentar um modelo analítico, que neste caso enquadra-se na teoria dos jogos. Construiu-se, assim, o que se chamou de “Jogo do Gerenciamento de Receitas”

As regras do jogo foram, assim, desenvolvidas de acordo com as estratégias efetivamente empreendidas na ponte aérea. Os três grupos de companhias aéreas sob estudo foram chamados de **jogadores**: J_1 (TAM), J_2 (VSP-TBA) e J_3 (VRG-RSL). Como visto na seção 2.1, as movimentações consideradas foram: o jogador J_1 foi o que primeiro movimentou-se, introduzindo o GR na ligação, sendo seguido por J_2 , que engloba as duas empresas que, de

meados de 1998 a meados de 1999, mantiveram a operação do *pool* da ponte aérea; por fim, tem-se J_3 , que foi o único que não optou pelo GR neste período, tendo tido, portanto, a possibilidade de observar a movimentação dos outros e decidir a sua própria por último.

Utilizando-se os três jogadores e as duas estratégias do modelo - preço uniforme e Gerenciamento de Receitas -, houve a necessidade de construção de 2^3 cenários, sendo que dois já haviam sido determinados - C_{PU} e C_{GR} (seção 3.4.1). Seis cenários experimentais adicionais, apresentando outros subconjuntos possíveis de companhias que se utilizam do GR, tiveram que ser experimentados. A Tabela 3 evidencia os cenários construídos:²⁰

Tabela 3
Cenários Experimentais Simulados

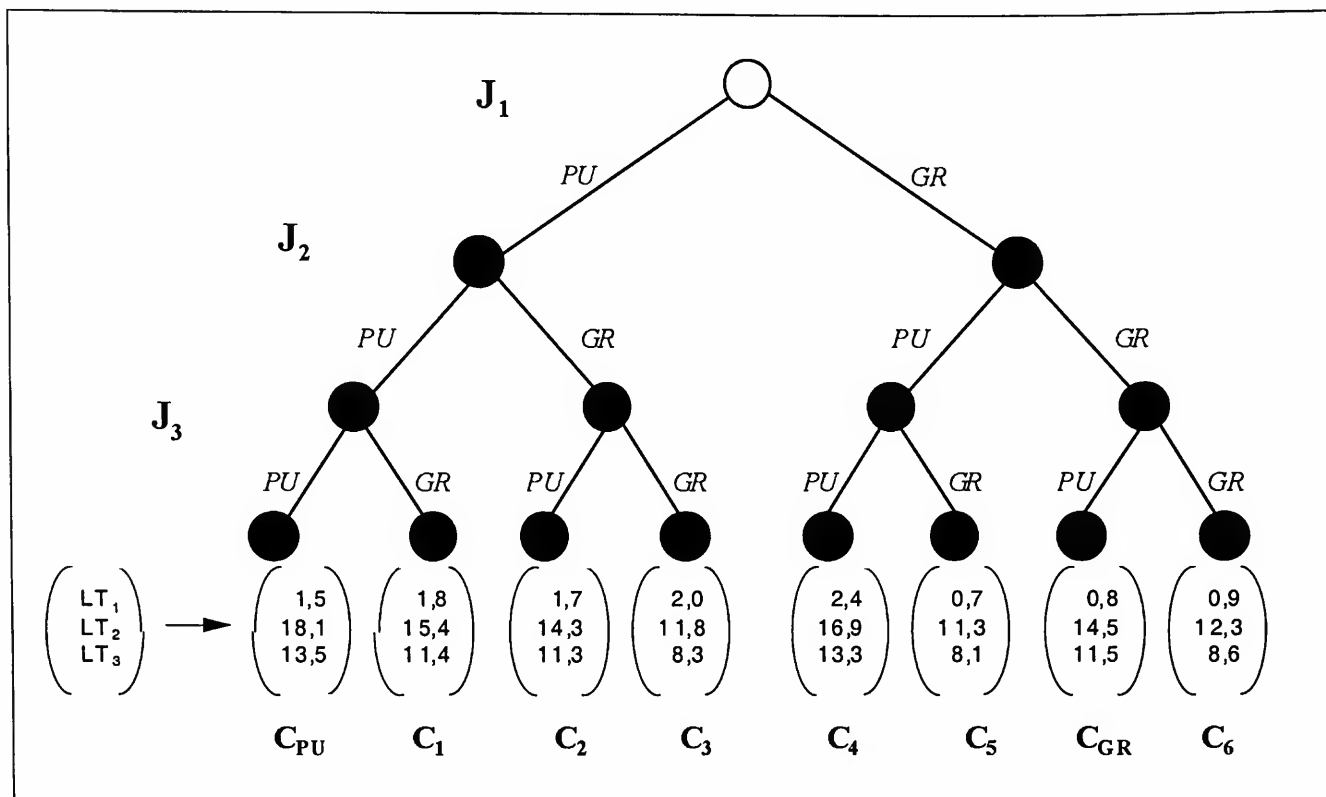
Cenário	Descrição	Cenário	Descrição
C_{PU}	Os três jogadores jogam PU (Mar/98)	C_{GR}	J_1 e J_2 jogam GR, J_3 joga PU (Set/98)
C_1	J_1 e J_2 jogam PU enquanto J_3 joga GR	C_4	J_1 joga GR enquanto J_2 e J_3 jogam PU
C_2	J_1 e J_3 jogam PU enquanto J_2 joga GR	C_5	J_1 e J_3 jogam GR enquanto J_2 joga PU
C_3	J_1 joga PU enquanto J_2 e J_3 jogam GR	C_6	Os três jogadores jogam GR

Legenda: J_1 - Jogador 1 (TAM); J_2 - Jog. 2 (VSP-TBA); J_3 - Jog. 3 (VRG-RSL); PU: preço uniforme; GR: Gerenciamento de Receitas.

Pensando o problema como um jogo não-cooperativo, seqüencial e com a hipótese de informação perfeita e completa, pode-se apresentar os resultados da simulação pelo diagrama em árvore da Figura 2; os *payoffs* (recebimentos dos jogadores) estão dispostos abaixo dos nós terminais da árvore, expressos em termos de lucros LT_k , em milhões de R\$/ano:

20 Houve a problemática de configuração do GR para o grupo VRG-RSU para os cenários C_1 , C_3 , C_5 e C_6 , dado que ele não chegou a implantar tal estratégia na ligação, durante o período observado. O procedimento de solução deste problema foi a fixação da mesma estratégia do grupo VSP-TRB, dado que ambos formavam o *pool* da ponte aérea até abril de 1998.

Figura 2
Jogo do Gerenciamento de Receitas



A solução obtida por *Backward Induction*²¹ é a seguinte (σ_{J_1} , σ_{J_2} e σ_{J_3} são os perfis estratégicos da solução, para cada jogador):

$$\begin{bmatrix} \sigma_{J_1} \\ \sigma_{J_2} \\ \sigma_{J_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} GR \\ PU, \forall \sigma_{J_1} \\ PU, \forall \sigma_{J_1}, \sigma_{J_2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Pode-se interpretar os resultados analíticos da seguinte maneira: apesar da estratégia de Gerenciamento de Receitas ser dominante para o primeiro jogador, por outro lado, ela deixa de ser vantajosa para os dois jogadores seguintes. Pelo contrário, tanto para J_2 como para J_3 , o preço uniforme é dominante, ou seja, é jogado independentemente das jogadas dos outros. A primeira conclusão que se extrai é que o GR nem sempre se constitui na melhor estratégia a ser jogada, sendo dependente das condições competitivas para isso aconteça (resultados que contrastam com a simulação de Belobaba e Wilson, 1997).

Não há que se esquecer, entretanto, que a racionalidade apontada diz respeito ao GR com a diferenciação de produtos “fraca”, ou seja, com restrições de compra inadequadas, conforme se salientou na subseção anterior.

21 Cf. Mas-Colell, Whinston e Green (1995).

Cabe colocar um último ponto: quando comparadas com as movimentações efetivamente realizadas, a solução (2) falha em prever a estratégia de J_2 , que foi pela adoção do GR. A racionalidade deste jogador pode ser considerada como afetada pelas dificuldades inerentes ao processo de ruptura do *pool*. As empresas VSP e TBA encontraram grandes dificuldades de manter seu mercado na ligação, de forma que em 1999 até mesmo o acordo operacional que as mantinha unidas foi rompido. A essas dificuldades se associa, portanto, a necessidade de manutenção de posições de demanda, e não de conquistar lucros, o que, provavelmente, as fizeram optar por GR e não PU. Uma associação de probabilidades aos ramos da árvore de jogos poderia determinar precisamente o grau de influência desses fatores - o que não foi empreendido pela presente pesquisa.

Conclusões

O presente trabalho buscou promover uma aplicação da modelagem de simulação computacional em Organização Industrial, além de proporcionar um breve relato deste arcabouço metodológico ainda pouco explorado em economia, em especial pela tradição ortodoxa, caracterizada tipicamente pela modelagem analítica e abstrata.

O objetivo principal de análise foi a investigação das estratégias das companhias aéreas na ponte aérea Rio de Janeiro - São Paulo, por meio do desenvolvimento, calibração, validação e experimentação de um modelo de simulação computacional. O foco do trabalho foi o estudo das chamadas estratégias de Gerenciamento de Receitas (GR), uma inovação tecnológica criada pelas empresas norte-americanas com o processo de desregulamentação do setor, e que foi recentemente introduzida no Brasil também como resposta ao aumento de competição propiciado pelas políticas das autoridades responsáveis, a partir dos anos noventa.

Os resultados da simulação apontaram para um considerável **incremento de eficiência alocativa** permitido pelo Gerenciamento de Receitas, acompanhado de **maior expansão de mercado, melhoria nos índices de aproveitamento, redução de desutilidade para os segmentos de demanda mais importantes e desconcentração da oferta**. Nesses aspectos, tanto consumidores quanto empresas em geral tiveram ganhos econômicos com a sua adoção. Por outro lado, no que tange somente às últimas, **os resultados em termos de lucratividade ficaram aquém do esperado**, embora essa situação fosse esperada, em se tratando da falta de construção de mecanismos de segmentação de demanda - restrições de compra -, que impedissem a diluição de receitas no esquema de discriminação de preços do GR.

Além disso, buscou-se promover uma articulação do modelo de simulação computacional com uma modelagem analítica, como forma de demonstrar a potencialidade de uso complementar entre as duas abordagens. Buscou-se, assim, construir cenários por meio da simulação para alimentar um modelo de teoria dos jogos que permitisse inferências sobre a racionalidade das estratégias por parte das empresas. Chegou-se à conclusão, por meio dessa metodologia, que o Gerenciamento de Receitas tem validade circunstancial ao ambiente competitivo, em contraste com os resultados da literatura específica. (Belobaba e Wilson, 1997)

Procurou-se demonstrar, ao longo do texto, as vantagens da simulação computacional, de uma forma geral e também para a aplicação em específico. Indubitavelmente, trata-se de uma abordagem que tem sido objeto de discussão e pesquisa por uma gama cada vez maior de economistas em todo o mundo, como pode ser constatado pelas conferências de Economia Computacional da SCE - Society for Computational Economics (*homepage* <http://wuecon.wustl.edu/sce/>), ou pelos estudos do Centre for Research on Simulation in the Social Sciences (<http://www.soc.surrey.ac.uk/research/cress.html>). A literatura especializada também tem se tornado cada vez maior, sendo publicada principalmente no *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* (<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/JASSS>) e no *Computational Economics* (http://www.wkap.nl/journals/computational_econ).

Modelos de simulação computacional possuem a vantagem de serem menos abstratos do que os modelos matemáticos. Trata-se de uma característica importante, dada a crescente preocupação com o processo de matematização da economia e suas conseqüências, como o corte dos canais de comunicação com a sociedade em geral, pelos economistas. (Bianchi, 1996) Entretanto, esse tipo de modelagem não é isento de problemas; justamente pelo fato de serem menos abstratos, e muito detalhados, muitos códigos de simulação são também de difícil interpretação, sobretudo para quem não está envolvido na construção do modelo.

A presente aplicação em Organização Industrial representa um esforço embrionário de pesquisa com simulação computacional em economia. Igualmente, significa a ênfase à idéia de que essa abordagem tem potencialidade relevante para contribuir com o avanço da pesquisa empírica na área, sobretudo por meio do tratamento de fenômenos complexos de forma microanalítica e da experimentação, como defendem K. Judd e H. Simon:

“One of the great mysteries in astronomy is Jupiter’s Red Spot. It is essentially a hurricane, a common occurrence in our atmosphere, but the Red Spot is one which has continued for centuries. Scientists have long wondered how the Red Spot could remain stable for so long. A compu-

ter model of Jupiter's atmosphere was run to see if a hurricane of centuries-long duration would arise. The surprising result was that nothing exotic was needed for such Red Spots to arise other than standard interactions of the fluid, gravitational, and energy properties of Jupiter. The importance of the computational approach for this conclusion is obvious since only a computer model could handle the turbulent interactions inherent in such phenomena. Astronomical and meteorological examples of computational modelling are appropriate for economists. Since astronomy, meteorology, and economics are all largely observational sciences, (...) they all have to take what they observe and try to back out the causes. Computer modelling operates as a substitute for experimentation in screening possible explanations for plausibility and consistency.” (Judd, 1997)

“For centuries after Newton, systems of differential or difference equations provided the model of ‘ideal’ scientific explanation of dynamic systems. The modern digital computer, with its very general capacities for representing symbol-manipulating systems, opens to us the same possibility for explaining the time stream of a decision-making process by means of a computer program for simulating -i.e., generating- that stream.” (Simon, 1962)

Referências bibliográficas

- Adelman, I. Simulation models. In: Eatwell, J., Milgate, M., Newman, P. (eds.), *The New Palgrave - a dictionary of economics*. Londres: MacMillan, 1987
- Basu, N., Pryor, R; Quint, T. ASPEN: A microsimulation model of the economy. *Computational Economics*, v. 12, n. 3 p. 223-241, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- Belobaba, P. Airline differential pricing for effective yield management. In: *Handbook of airline marketing*. N. York: McGraw-Hill, 1998.
- _____. Application of a probabilistic decision model to airline seat inventory control. *Operations Research*, v. 37, n. 2, p. 183-197. 1989.
- _____. Airline yield management: an overview of seat inventory control. *Transportation Sciences*, v. 21, n. 2, p. 63-73, 1987

- Belobaba, P.; Wilson, J. Impacts of yield management in competitive airline markets. *Journal of Air Transport Management*, v. 3, n. 1, p. 3-9, 1997
- Berechman, J., Wit, J. An analysis of the effects of European aviation deregulation on an airline's network structure and choice of a primary West European Hub Airport. *J. Transport Economics and Policy*, 1996.
- Bianchi, A. Comentários críticos sobre o processo de matematização da economia. *Anais do Encontro Nacional de Economia Política e Clássica*, vol. I, Universidade Federal Fluminense, 5-8 de junho, 1996.
- Blaug, M. *The methodology of economics or how economists explain*. Londres: CUP, 1980.
- Botimer, T. Efficiency considerations in airline pricing and yield management. *Transportation Research - Part A: Policy and Practice*, v. 30, n. 4, 1996.
- Bresson, J. Yield management simulation - appraisal of airline revenue in different cases. *3rd Conference of the Air Transport Research Group*, Hong Kong, 1999.
- Coelho, E., Azevedo, E. Guerra de preços chega à ponte aérea. *O Estado de S. Paulo*, 11 mar. 1998.
- Cohen, K. Simulation of the firm. *American Economic Review*, v. 50, n. 2, p. 534-540, 1960.
- Cournot, A. *Researches into the mathematical principles of the theory of wealth*. New York: Kelley, 1838.
- Cross, R. *Revenue management, maximização de receitas - técnicas radicais para dominar o mercado*. Trad. F. D. Steffen; rev. técn. A. H. Feliciano. 1.ed. S. Paulo: Makron Books, 1998.
- Daudel, S., Vialle, G. *Yield management - application to air transport and other service industries*. 1.ed. Paris: Les Press du ITA - Institute du Transport Aérien, 1993.
- Davis, D., Holt, C. *Experimental economics*. N. Jersey: Princeton University Press, 1993.
- Espírito Santo Jr., R.; Barreiro, J., Santos, M. Flexibilização do transporte aéreo no Brasil: ingresso numa era de maior competição? *Anais do XII Congresso da Assoc. Nac. Pesq. Ens. Transportes*, Fortaleza, 1998.
- Evans, W., Kessides, I. Living by the 'golden rule': multimarket contact in the U.S. airline industry. *Quarterly Journal of Economics*, v. 109, p. 341-366, 1994.

- Fonseca, E. *As partes e o todo*. São Paulo: Siciliano, 1995.
- Friedman, M. *Essays in positive economics*. Chicago: University of Chicago Press, 1953.
- Gee, J. A model of location and industrial efficiency with free entry. *Quarterly J. Economics*, v. 90, n. 4, 1976.
- Geraghty, M., Johnson, E. Revenue management saves national car rental. *Interfaces*, v. 27, 1997
- Grabowski, H., Vernon, J. Pioneers, imitators, and generics - a simulation model of Schumpeterian competition. *Quarterly Journal of Economics*, v. 102, n. 3, p. 491-525, 1987
- Judd, K. Computational economics and economic theory: substitutes or complements? *Journal of Economic Dynamics and Control*, v. 21, 1997.
- Hahn, F. The next hundred years. *Economic Journal*, v. 101, n. 404, p. 47-50, 1991.
- Kleijnen, J. *Statistical techniques in simulation*. N. York: Marcel Dekker, 1975.
- Laibman, D. Two-sector growth with endogenous technical change: a Marxian simulation model. *Quarterly Journal of Economics*, v. 96, n. 1, p. 47-75, 1981.
- Law, A.; Kelton, W. *Simulation modeling and analysis*. 2.ed. N. York: McGraw-Hill, 1991.
- Leijonhufvud, A. Towards a not-too-rational macroeconomics. *Southern Economic Journal*, v. 60, n. 1, 1993.
- Mas-Colell, A., Whinston, M., Green, J. *Microeconomic theory*. N. York: Oxford University Press, 1995.
- Marney, J., Tarbert, H. Why do simulation? Towards a working epistemology for practitioners of the dark arts. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, v. 3. n. 4, 2000.
- Mayo, D. *Contribuições para implementação do yield management em companhias aéreas brasileiras*. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Esc. Politécnica da Univ. S. Paulo, 1999.
- Morris, J. Finding market power in electric power markets. *International Journal of the Economics of Business*, v. 7, n. 2, p. 167-178, 2000.
- Naylor, T. *Computer simulation experiments with models of economic systems*. N. York: Wiley & Sons, 1971.

- Nelson, R. Recent evolutionary theorizing about economic change. *J. Economic Literature*, v. 33, n. 1, 1995.
- Oliveira, A. *Os impactos das estratégias de gerenciamento de receitas de ativos perecíveis na ligação Rio de Janeiro-São Paulo*. Dissertação (Mestrado em Transporte Aéreo). Inst. Tecnológico de Aeronáutica, 2000.
- Oliveira, A., Müller, C. A acessibilidade de novo segmento e os efeitos da guerra de tarifas no bem-estar do consumidor. In: CNT (ed.), *Transporte em transformação IV*. São Paulo: Makron Books, 2000.
- Oliveira, A., Serapião, B. Mecanismos de política regulatória para o transporte aéreo: o caso do gerenciamento de receitas. *Anais do XIV Congresso da Assoc. Nac. Pesq. Ens. Transportes*, Gramado, 2000.
- Orcutt, G. Simulation of microanalytic systems. In: Eatwell, J., Milgate, M.; Newman, P. (eds.), *The New Palgrave - a dictionary of economics*. Londres: MacMillan, 1987
- Pidd, M. *Computer simulation in management science*. 3ª ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 1997
- Ross, S. *Introduction to probability models*. Orlando: Academic Press, 1985.
- Roth, A. Introduction to experimental economics. In: Kagel, J., Roth, A. (eds.), *Handbook of experimental economics*. Princeton University Press, 1995.
- Saliby, E. *Repensando a simulação - a amostragem descritiva*. São Paulo: Atlas, 1989.
- Schmalensee, R.; Willig, R. (eds.) *Handbook of industrial organization*. 1ª ed. Amsterdam: N. Holland, 1989
- Simon, H. New developments in the theory of the firm. *American Economic Review*, v. 52, n. 2, 1962.
- Society for Computational Economics. *Proceedings of the 7th International Conference*. Yale University, June 28-29. <http://www.econometricsociety.org/es/meetings/SCE2001.html>, 2001.
- Shubik, M. Simulation of the industry and the firm. *American Economic Review*, v. 50, n. 5, 1960.
- Smith, B.; Leimkuhler, J., Darrow, R. Yield management at American Airlines. *Interfaces*, v. 22, n. 1, 1992.

Taha, H. *Operations research - an introduction*. 3^a ed. New York: Macmillan, 1982.

Telser, L. The usefulness of core theory in economics. *Journal of Economic Perspectives*, v. 8, n. 2, 1994.

Tocher, K. *The art of simulation*. London: English University Press, 1963.

Varian, H. Price discrimination. In: Schmalensee, R., Willig, R. (eds.), *Handbook of industrial organization*. 1^a ed V. I. Amsterdam: North Holland, 1989.

Von Neumann, J., Morgenstern, O. *Theory of games and economic behavior* Princeton Univ. Press, 1944.

Watts, H. Distinguished fellow: an appreciation of Guy Orcutt. *J. Economic Perspectives*, v. 5, n. 1, 1991.

Williamson, O. Transaction cost economics. In: Schmalensee, R., Willig, R. (eds.), *Handbook of industrial organization*. 1^a ed. V. 1. Amsterdam: North Holland, 1989.

Wilson, R. *Nonlinear pricing*. Oxford University Press, 1997

