

PREVISÃO DE VENDAS NO VAREJO BRASILEIRO: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DE DIFERENTES TÉCNICAS QUANTITATIVAS

Claudio Felisoni de Angelo

cfa@usp.br

Universidade de São Paulo - SP / Brasil

Nuno Manoel Martins Dias Fouto

nfouto@usp.br

Universidade de São Paulo - SP / Brasil

Marcos Roberto Luppe

mluppe@usp.br

Universidade de São Paulo - SP / Brasil

Recebido em 01/04/2008

Aprovado em 23/07/2009

Disponibilizado em 13/04/2010

Avaliado pelo sistema *double blind review*

Revista Eletrônica de Administração

Editor: Luís Felipe Nascimento

ISSN 1413-2311 (versão on-line)

Editada pela Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Periodicidade: Quadrimestral

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar diferentes possibilidades de construção de modelos de previsão para as vendas de varejo. O varejo brasileiro, uma das atividades mais importantes da economia nacional, passou por mudanças relevantes nos últimos quinze anos. O sucesso do Plano Real em reduzir drasticamente a taxa de inflação mudou sensivelmente o foco da competição. As empresas atuantes no varejo viram-se forçadas a dedicar mais atenção aos aspectos operacionais de seus negócios. Tornou-se mais difícil compensar perdas operacionais com resultados obtidos no mercado financeiro. Em um ambiente como esse, a qualidade da previsão de vendas é essencial para a eficiência e eficácia da administração dos negócios em geral e, em especial, no varejo. Neste trabalho são comparadas técnicas alternativas de previsão quantitativa, aplicadas a uma série temporal agregada de vendas no varejo. Verificou-se que os modelos têm graus bastante distintos de precisão. Tomando-se o indicador representado pela soma dos quadrados dos resíduos (SQR), verificou-se que a aplicação da técnica Box – Jenkins revelou os melhores resultados, seguida dos modelos mais simples de suavização exponencial com especificação aditiva.

Palavras-chave: varejo, vendas, previsão, séries de tempo, técnicas quantitativas.

BRAZILIAN RETAIL SALES FORECAST: AN EVALUATION CONSIDERING DIFFERENT QUANTITATIVE TECHNIQUES

ABSTRACT

The purpose of this paper is to evaluate the different possibilities to predict retail sales. Retail, which is one of the most important economic activities in the economy, has gone through important changes along the last fifteen years in Brazil economy. In fact reducing drastically the inflation rate, the Real plan completely changed the competition focus. Retail companies were forced to put much more attention on operational aspects. In other words operational losses could not longer be compensated in the financial market. Obviously sales forecast is essential for efficiency and effectiveness in management especially in retail. This work, thus, compares alternative quantitative techniques in order to appraise the accuracy of these different methods. The conclusion is that the application of Box – Jenkins method is the method that produces the minimum residual square sum followed by the exponential smoothing technique with additive specification.

Key words: retail, sales, forecast, time series, quantitative techniques

Introdução

Uma empresa somente existe em razão do mercado. O conhecimento das necessidades dos indivíduos permite às organizações estruturarem-se de modo a atender tais demandas. A compreensão das motivações e limitações dos indivíduos na condição de consumidores determina a posição competitiva que as empresas estabelecem nos diferentes segmentos de uma economia de mercado.

Prever, portanto, é uma atividade constante em todas as organizações. A antecipação de situações permite que as empresas possam planejar seus sistemas de modo a atender mais precisamente os interesses dos consumidores.

A previsão do comportamento futuro das vendas, portanto, constitui-se em um aspecto absolutamente essencial no processo de gestão. Por essa razão a literatura que trata do assunto é muito rica e extensa. Muitas e variadas técnicas vêm sendo aplicadas em um grande número de exemplos e casos relacionados aos mais diversos segmentos dos mercados de bens e serviços.

Basicamente as técnicas dividem-se em dois grandes grupos: as qualitativas e as quantitativas. As primeiras colhem, a partir de experimentos especialmente desenhados, as impressões e opiniões dos indivíduos. Com base em processos interativos busca-se a

REAd – Edição 65 Vol 16 N° 1 janeiro-abril 2010

PREVISÃO DE VENDAS NO VAREJO BRASILEIRO: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DE DIFERENTES TÉCNICAS QUANTITATIVAS

convergência das percepções relativamente a questões previamente formuladas. O princípio fundamental é o de ampliar os horizontes perceptivos, captando subjetivamente, as reflexões emanadas da estrutura mental dos indivíduos (BROCKHOFF, 1983).

Diversos estudos registram na literatura a importância da interação entre os indivíduos na definição de previsões mais precisas. Por exemplo, Snizek (1989) empregando quatro técnicas qualitativas distintas mostra a melhora da previsão de vendas em decorrência da interação dos indivíduos. Outros discutem como diferentes processos de interação podem ser mais ou menos precisos na estimação de séries temporais (ANG; O'CONNOR, 1991).

As técnicas quantitativas por sua vez baseiam-se em modelos matemáticos e estatísticos. Distinguem-se dos modelos qualitativos pela objetividade de suas proposições analíticas. A descrição formal dos modelos permite de um lado maior clareza dos aspectos condicionantes. Porém, de outro, restringe as possibilidades de interpretação e análise da realidade aos limites impostos pelas hipóteses básicas.

Igualmente vasta é a literatura que procura associar as duas abordagens, ou seja, o formalismo e a estrutura analítica dos modelos quantitativos com a flexibilidade e abrangência das concepções qualitativas. Franses (2008), por exemplo, salienta a importância da interação entre os especialistas e os responsáveis pela construção de modelos quantitativos. Em uma de suas preposições o autor salienta a importância da orientação dos esforços preditivos explicitamente das vendas nessa direção.

O presente trabalho tem por propósito avaliar a eficácia de diferentes modelos quantitativos de previsão de vendas aplicados ao estudo da série de vendas do varejo brasileiro. Trata-se, portanto, de um subsídio à discussão de processos preditivos das vendas das empresas comerciais atuantes nos diferentes segmentos do mercado brasileiro. Compreende-se que a previsão de fluxos específicos decorre, pelo que já foi exposto, de um conhecimento particular dos mercados associado evidentemente à participação de especialistas. Porém, a análise da série de vendas totais do varejo estabelece parâmetros que permitem balizar os estudos, quantitativos e qualitativos, em segmentos particulares do mercado de consumo.

Desse modo o interesse precípua do artigo é o de comparar abordagens quantitativas distintas para explicar as vendas reais do comércio varejista sintetizadas no índice de volume de vendas, exceto veículos, motocicletas, partes e peças, concebido e divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A escolha do varejo deve-se a importância que a previsão de vendas tem para esse setor, além é claro da própria representatividade dos diferentes segmentos que o compõe. O varejo, comércio de bens, se constitui em uma das principais atividades econômicas. No Brasil até pouco antes de 1994, os aspectos operacionais do comércio, mais explicitamente sua função de ligação entre a indústria e o consumidor final, foram negligenciadas em razão das largas possibilidades de ganhos oferecidos pelas aplicações financeiras. De fato o ganho proveniente da atividade precípua do comércio, ou seja, a compra e venda de produtos ficava muitíssimo aquém dos lucros que podiam ser realizados no mencionado mercado financeiro (SESSO FILHO, 2001).

Esta situação foi substancialmente alterada com a redução dos patamares de inflação em decorrência do Plano Real. As empresas varejistas, que até então sustentavam sua lucratividade com as operações financeiras, foram fortemente atingidas. Em razão desse processo, esforços mais intensos para a melhora das operações tiveram que ser envidados.

Evidentemente um dos principais aspectos relacionados a uma maior eficiência da atividade comercial relaciona-se a capacidade de estabelecer com antecedência as disposições de compra por parte dos consumidores finais. Assim sendo, o presente estudo traz uma contribuição no que concerne a eficácia da previsão de vendas considerando diferentes abordagens para um dos mais importantes segmentos da atividade econômica, ou seja, o comércio de bens.

O artigo está organizado em cinco partes. Na primeira é feita uma revisão da literatura das técnicas quantitativas aplicadas à previsão de vendas a partir das quais são sugeridos genericamente os modelos a serem estimados neste trabalho. Na seção dois são apresentados os dados e discutidos os aspectos estatísticos relacionados ao comportamento da série. Em seguida, na seção três, formulam-se especificamente as funções preditivas das vendas do varejo brasileiro. A seção quatro, por sua vez, estabelece uma comparação dos resultados. Finalmente na última parte, na seção cinco, são sintetizados os principais resultados e apontadas algumas possíveis extensões.

1. Previsão de vendas: as diferentes abordagens quantitativas

Na previsão de vendas duas técnicas têm se destacado na literatura. A primeira procura estabelecer uma relação entre a variável a ser projetada (vendas) com um conjunto de outras variáveis, denominadas variáveis explicativas. Essa abordagem é a conhecida pela

PREVISÃO DE VENDAS NO VAREJO BRASILEIRO: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DE DIFERENTES TÉCNICAS QUANTITATIVAS

denominação de modelagem econométrica. A segunda técnica, séries temporais, fundamenta-se nos próprios valores passados das vendas. De outro modo estabelece-se uma relação entre as vendas correntes e as vendas registradas em períodos anteriores.

No caso dos modelos econométricos supõe-se que as variáveis explicativas são de mais fácil previsão que as vendas. Deste modo procura-se identificar uma ou mais relações entre a variável de interesse (dependente), ou seja as vendas, e um conjunto de variáveis explicativas. A partir destas relações pode-se simular cenários plausíveis para a evolução da variável dependente em função dos supostos valores das variáveis sob controle (as explicativas).

Os modelos econométricos são sustentados pelas hipóteses do modelo geral de regressão. A aplicação obviamente requer em primeiro lugar a verificação de tais suposições. A não observância destes requisitos implica na necessidade de utilização de uma ampla gama de recursos destinados a contornar ou mitigar os problemas decorrentes da violação das hipóteses básicas (PINDYCK; RUBINFELD, 1991, p. 100 - 396).

Um exemplo interessante de estimação das vendas valendo-se de um modelo econométrico pode ser encontrado no trabalho de Geurts e Kelly (1986). Esses autores discutem a previsão de vendas no varejo e sugerem a formulação de uma função tendo como argumento algumas variáveis numéricas (renda, preços, emprego, etc.) e outras categóricas (datas especiais).

O trabalho de Geurts e Kelly (1986) ensejaram o primeiro modelo do presente artigo. A expressão (1) estabelece as vendas reais em função renda real, das condições de crédito e das variações sazonais (variáveis categóricas). As condições de crédito são representadas pela taxa de juros cobrada nos financiamentos ao consumo e pelo prazo médio de pagamento. No mencionado modelo a sazonalidade, por sua vez, é expressa por três variáveis *dummies* (o intercepto corresponderia aos efeitos do quarto trimestre). Além das três *dummies*, o modelo propõe uma quarta variável categórica para captar especificamente os efeitos do Natal (mês de dezembro).

$$(1) VR = f(RR, TJ, PR, D_1, D_2, D_3, D_4)$$

onde:

VR = Vendas reais;

RR = Renda real

TJ = Taxa de juros cobrada no financiamento ao consumo;

PR = Prazo médio de pagamento;

$D_1 = Dummy$ – primeiro trimestre – “1” Janeiro a Março e “0” para os demais meses;

$D_2 = Dummy$ – segundo trimestre - “1” Abril a Junho e “0” para os demais meses;

$D_3 = Dummy$ – terceiro trimestre - “1” Julho - Setembro e “0” para os demais meses

$D_4 = Dummy$ – Natal – mês de dezembro. – “1” para Dezembro e “0” para os demais meses

Uma outra possibilidade para realizar uma previsão quantitativa das vendas consiste em utilizar o recurso das séries temporais. Nos modelos exclusivamente de séries temporais presume-se que se desconhecem as relações causais e, por esta razão, analisa-se o comportamento passado das séries na expectativa que se possa derivar um padrão que permita a extrapolação (PINDYCK; RUBINFELD, 1991, p. XVII).

Uma das abordagens tradicionais em séries temporais é o alisamento exponencial. Esse tipo de abordagem começou a ser desenvolvido nos anos 50 e 60. Holt em 1957 e posteriormente Winters em 1960 conceberam o modelo que veio a ser conhecido na literatura como Holt – Winters, no qual se identificam três parâmetros: componente permanente, tendencial e sazonal. Em 1969, Pegel amplia a contribuição dos autores anteriores considerando especificações aditivas e multiplicativas (DE GOOIJER; HYNDMAN, 2006). As expressões aditivas e multiplicativas encontram-se especificadas abaixo (EVIIEWS 4, 2000, p.186):

$$(2) \hat{Y} = a + b.K + c_{t+k}$$

$$(3) \hat{Y} = (a + b.K). c_{t+k}$$

O valor de “a” corresponde ao componente permanente, “b” o parâmetro representativo da tendência e “ c_t ” fator associado ao comportamento sazonal aditivo ou multiplicativo. Os valores desses parâmetros são dados pelas seguintes expressões:

PREVISÃO DE VENDAS NO VAREJO BRASILEIRO: UMA AVALIAÇÃO A
PARTIR DE DIFERENTES TÉCNICAS QUANTITATIVAS

$$(ii) a(t) = a.[y_t/c_t(t-s)] + (1 - \alpha).[c.(t-1)+b.(t-1)]$$

$$(iii) b(t) = \beta.[a(t) - a.(t-1)] + (1 - \beta).b.(t - 1)$$

$$(iv) c(t) = \gamma. [y_t/a(t)] + (1 - \gamma). c_t .(t-s)$$

Para que a suavização seja obtida é preciso, portanto, considerar a componente permanente, a tendência e a sazonalidade. Os parâmetros de amortecimento são atribuídos de modo a realizar o melhor ajuste possível aos dados. Os programas estatísticos calculam esses parâmetros interativamente e automaticamente de modo a minimizar os erros. Um exemplo desse procedimento pode ser encontrado em Segura e Vercher (2001).

O método de Holt- Winters tem sido largamente utilizado. De Gooijer e Hyndman (2006) mencionam os trabalhos de Gardner (1993) na área de componentes para computador, Grubb e Mason (2001) abordando previsões nas movimentações de passageiros, bem como um outro estudo relacionado ao planejamento da produção realizado por Miller e Liberatore (1993). Nesta área de operações pode-se mencionar ainda, a título de ilustração, um estudo realizado por Snyder *et al.* (2002) que trabalham com o ajustamento exponencial com o propósito de auxiliar as ações de controle de estoques.

Os modelos (2) e (3) são duas outras alternativas de modelagem consideradas no presente trabalho. Com base nestas formulações as vendas reais foram projetadas considerando o método de Holt – Winters na especificação aditiva (2) e multiplicativa (3). De outro modo a série de vendas foi ajustada assumindo um comportamento ditado pelas duas mencionadas especificações. Os parâmetros para a definição de cada uma das funções foram determinados automaticamente valendo-se do *software* EViews – versão 4.

Uma terceira possibilidade também contemplada é a projeção das vendas por meio do emprego de modelos estocásticos. Tomando-se, por exemplo, uma série qualquer de valores, pode-se imaginar que a própria evolução dos dados contém as informações necessárias à sua projeção. Entretanto, para que uma variável possa ser projetada é preciso que ela seja estacionária. Tome-se, por exemplo, a série “Y”. Pode-se expressar o valor de “Y” no período “t” como função do valor de “Y” no período “t-1” mais um erro aleatório u_t :

$$(v) Y_t = \rho \cdot Y_{t-1} + u_t$$

Se o valor de $\rho = 1$ diz-se que a série é não estacionária. Nessas condições a média e a variância de “Y” mudam a medida que o tempo transcorre, violando uma das hipóteses básicas do modelo de regressão.

Deste modo uma condição inicial deste método consiste na verificação da estacionariedade da variável a ser projetada. O teste apropriado para essa finalidade é o teste Dickey – Fuller. Caso a variável não seja estacionária pode-se transformar os dados a partir da construção de variáveis representativas das diferenças.

Uma série estacionária pode ser modelada considerando basicamente dois processos: autoregressivo e de médias móveis. Uma série gerada genuinamente por um processo autoregressivo pode ser escrita do seguinte modo:

$$(4) (Y_t - \delta) = \alpha_1 (Y_{t-1} - \delta) + \alpha_2 (Y_{t-2} - \delta) + \dots + \alpha_p (Y_{t-p} - \delta) + u_t$$

onde δ é a média da variável Y. A expressão (4) descreve um processo autoregressivo de ordem “p”, ou em outras palavras, um processo AR(p).

Os valores de Y podem também ser gerados exclusivamente por combinações lineares de termos de erro (ruído branco):

$$(5) Y_t = \mu + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} + \beta_2 u_{t-2} + \dots + \beta_q u_{t-q}$$

A expressão (5) mostra um modelo de médias móveis de ordem “q”, ou ainda um processo MA(q). Pode-se finalmente supor um processo de geração combinando termos autoregressivos e de média móveis. Neste caso diz-se que o modelo é ARMA (p,q). Acrescentando-se o grau de diferenciação para tornar a série estacionária obtêm-se os modelos ARIMA, isto é (p, I, q) onde “I” corresponde à ordem de diferenciação da variável para se tornar estacionária (CHU, ZHANG, 2003).

O trabalho de Box e Jenkins (1976) propõe um método baseado em quatro etapas: identificação, estimação, verificação de diagnóstico e previsão. A etapa de identificação consiste na determinação dos termos geradores da série (AR e MA) e na ordem de diferenciação. A estimação corresponde à determinação dos parâmetros dos termos AR e MA. Na terceira etapa, ou seja no exame dos resultados, procura-se verificar o ajustamento do modelo estimado. Um aspecto importante é a análise dos resíduos. Uma indicação da

PREVISÃO DE VENDAS NO VAREJO BRASILEIRO: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DE DIFERENTES TÉCNICAS QUANTITATIVAS

adequação do modelo é a condição dos resíduos. Um modelo representativo de uma série deve produzir um conjunto de valores totalmente aleatórios, isto é, como se denomina convencionalmente na literatura: ruído branco. Finalmente na quarta e última fase se realiza a previsão.

Os modelos ARIMA têm-se mostrado muito confiáveis para previsão de séries temporais (GUJARATI, 2006, p.675). De Gooijer e Hyndman (2006) apresentam em seu trabalho uma série de aplicações do método Box - Jenkins.

Essas idéias levaram ao quarto modelo de previsão das vendas utilizado neste trabalho. Com base no método Box – Jenkins estimou-se diversos modelos empregando termos auto-regressivos (AR) e médias móveis (MA). A análise dos diversos modelos permitiu a seleção de um deles para realizar as projeções da variável de interesse, ou seja, as vendas de varejo.

A quinta e última opção de modelagem para previsão das vendas de varejo combinou modelagem econométrica com séries temporais estocásticas. Isto é, as vendas correntes foram estimadas a partir de um conjunto de variáveis explicativas, dos erros passados (MA) e dos próprios valores das vendas registrados em períodos anteriores (AR).

Os resultados dos diferentes modelos são apresentados na seção três. Antes, porém de discuti-los, o tópico seguinte, seção dois, faz um apanhado geral dos dados utilizados no desenvolvimento do presente trabalho.

2. Base de dados

Os dados para a estimação das vendas foram levantados em duas fontes, o IPEA e o Banco Central do Brasil. Há dados disponíveis para todas as variáveis de interesse de junho de 2000 a março de 2009. Utilizou-se, entretanto, para definir os diferentes modelos o horizonte de junho de 2000 a fevereiro de 2008. Os dados correspondentes aos demais meses, isto é de março de 2008 a março de 2009, foram usados para avaliar a adequação dos modelos propostos. As variáveis utilizadas nos diferentes modelos estão relacionadas no Quadro I. Como variável *proxy* da renda real optou-se por trabalhar com a folha real de salários da indústria manufatureira.

Os Gráficos de um a quatro apresentam respectivamente a evolução das vendas reais, da folha real de pagamentos, da taxa de juros e do prazo médio de pagamento. Os valores estão todos representados em índices fixados a partir de junho de 2000.

Quadro I
Relação das Variáveis

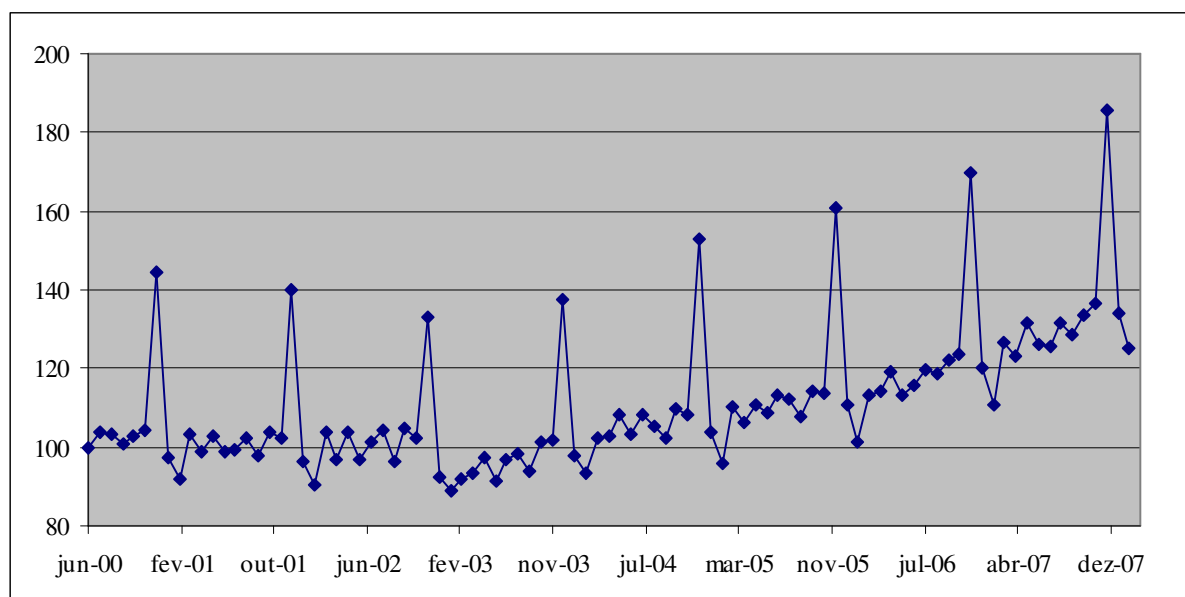
Variáveis – Índice Base 2000 = 100	Fonte	Designação
Vendas Reais	IPEA	VR
Folha Real Pagamentos da Indústria (*)	IPEA	FR
Taxa de Juros	BACEN	TJ
Prazo Médio	BACEN	PR
<i>Dummy</i> I Trimestre	-	D ₁
<i>Dummy</i> II Trimestre	-	D ₂
<i>Dummy</i> III Trimestre	-	D ₃
<i>Dummy</i> Natal – Mês de dezembro	-	D _N

(*) Folha Real de Pagamentos da Indústria foi obtida deflacionando a Folha de Pagamentos Nominal da Indústria pelo IPC - IBGE

Como se pode verificar no Gráfico I, as vendas reais, com comportamento sazonal em ciclos de doze meses, mantiveram-se praticamente estáveis até meados de 2005. A partir daí observa-se uma expansão contínua. Tomando-se, por exemplo, os primeiros seis meses de 2005, 2006 e 2007, pode-se verificar que as vendas cresceram 5,7% entre 2005 e 2006, 9,8% de 2006 para 2007 e 10,5% de 2007 para 2008.

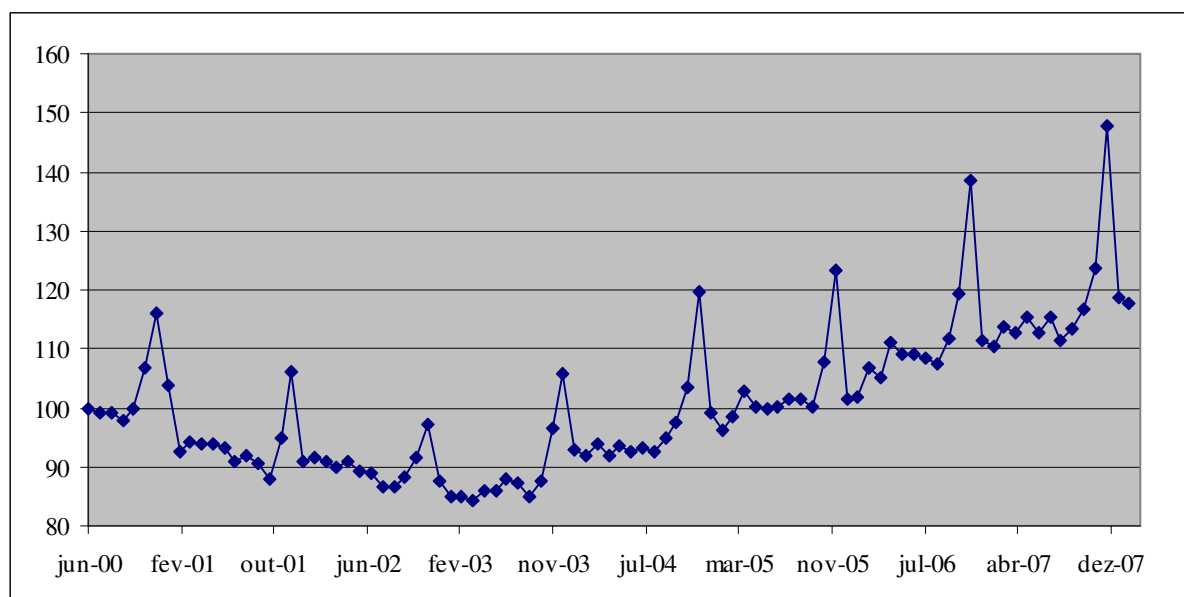
A folha real de salários da indústria (Gráfico II), registrando também comportamento sazonal, mostra tendência de declínio do início do período até aproximadamente março de 2003. Daí em diante até o final do horizonte de análise a série revela uma expansão lenta marcada por picos nos finais de ano (décimo terceiro salário, gratificações, etc).

Gráfico I
Vendas Reais
Junho de 2000 – Fevereiro de 2008



PREVISÃO DE VENDAS NO VAREJO BRASILEIRO: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DE DIFERENTES TÉCNICAS QUANTITATIVAS

Gráfico II
Folha Real de Pagamentos da Indústria
Junho de 2000 – Fevereiro de 2008



As condições de pagamento representadas pela taxa de juros e prazos médios de pagamentos revelam comportamentos distintos. As taxas de juros cobradas no financiamento à pessoa física, Gráfico III, iniciaram um processo de queda acentuada desde o início de 2005. O comportamento dos prazos, Gráfico IV, seguiu uma trajetória de ascensão a partir de meados de 2003.

Gráfico III
Taxa de Juros Operações de Financiamento do Consumo
Junho de 2000 – Fevereiro de 2008

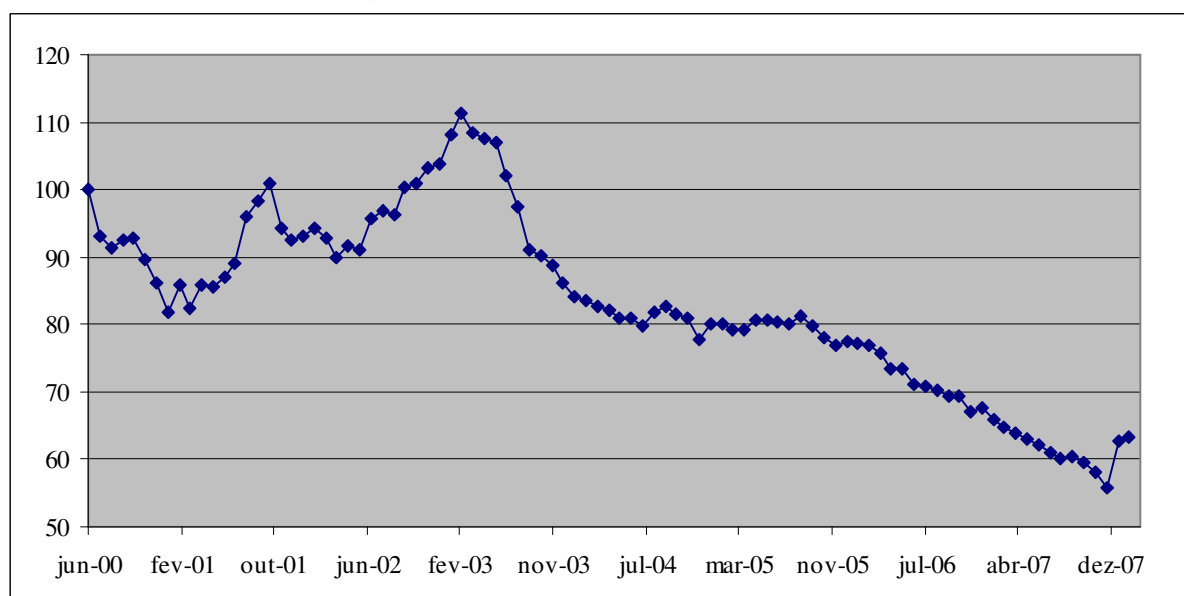
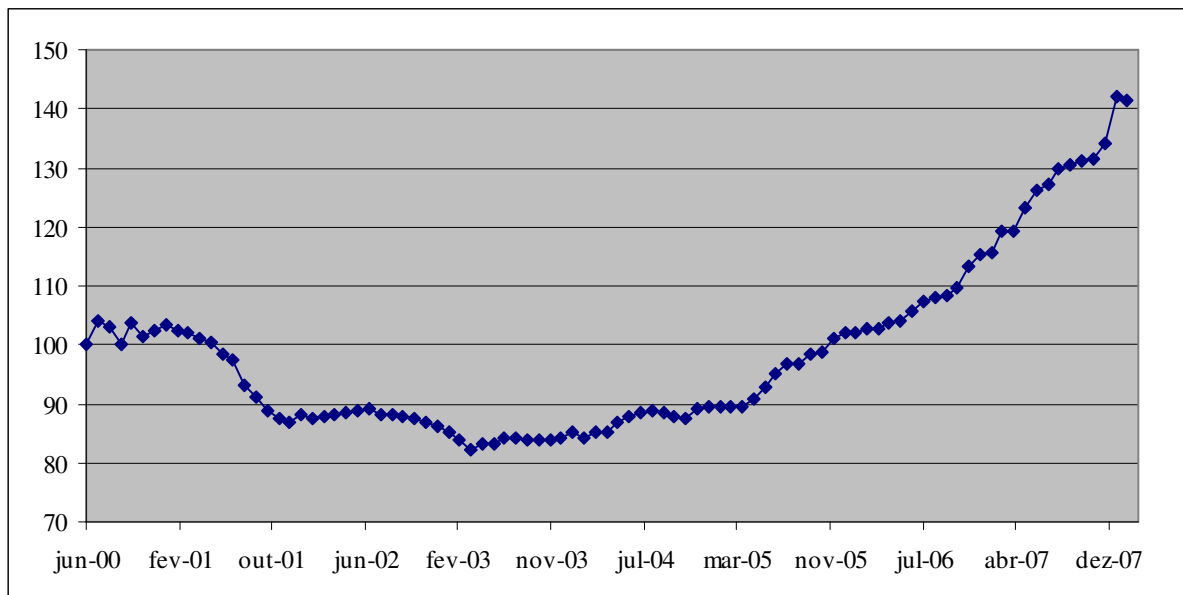


Gráfico IV
Índice Prazo Médio de Pagamento
Junho de 2000 – Fevereiro de 2008



Com base nestas informações e considerando a revisão da literatura realizada no item anterior, apresentam-se no próximo tópico os diferentes modelos preditivos das vendas de varejo no Brasil.

3. Modelos de previsão de vendas no varejo brasileiro

Como foi dito o primeiro modelo estimado relaciona às vendas de varejo com um conjunto de variáveis explicativas: folha real de pagamentos da indústria, taxa de juros e prazos médios de pagamentos. Além destas primeiras acrescentou-se, conforme também já se assinalou na seção anterior, um conjunto de variáveis qualitativas visando a captar os efeitos sazonais - modelo (1). Deve se acrescentar que o índice de vendas foi tomado no logaritmo (LOG VR). Essa especificação foi usada, pois seu emprego ampliou significativamente a normalidade na distribuição dos resíduos. Os resultados encontram-se na Tabela I.

PREVISÃO DE VENDAS NO VAREJO BRASILEIRO: UMA AVALIAÇÃO A
PARTIR DE DIFERENTES TÉCNICAS QUANTITATIVAS

Tabela I
Resultados do Modelo (1)
Econométrico com utilização de *Dummies*

Variáveis	Coefficientes	Erro padrão	Estatística t	P
C(1)	3.922200	0.171137	22.91851	0.0000
RR	0.007712	0.001119	6.889456	0.0000
TJ	-0.001763	0.000661	-2.666427	0.0092
PR	0.001028	0.000439	2.339098	0.0217
D ₁	-0.036027	0.014048	-2.564598	0.0121
D ₂	0.008386	0.015115	0.554792	0.5805
D ₃	0.017613	0.014721	1.196442	0.2349
D ₄	0.074741	0.030815	2.425472	0.0174
R ²	92,31%			
R ² ajustado	91,68%			
Akaike	-3.441894			
Schwarz	-3.224036			
Durbin - Watson	1.834176			
Jarque – Bera	0,753463			68,61%

Os resultados mostrados na Tabela I revelam que a massa real de salários (renda real), a taxa de juros e os prazos de pagamentos mostraram-se altamente significativos na explicação das variações das vendas. As variações sazonais, por sua vez, só registram diferenças significantes do quarto trimestre para o primeiro, caindo como se esperava. Por outro lado a variável *dummie* destinada a captar especificamente os efeitos do Natal, mostrou-se bastante importante para explicar as oscilações das vendas. Pelo teste Durbin – Watson não há evidências de correlação serial nem positiva nem negativa. A qualidade da regressão é reforçada observando que os resíduos são estacionários (teste Dickey – Fuller aumentado) e apresentam uma distribuição razoavelmente próxima da normal. Finalmente o poder explicativo da regressão é bastante elevado aproximadamente 95%.

A segunda forma contemplada neste artigo de realizar as previsões de vendas, conforme se estabeleceu na seção anterior, é pela utilização do alisamento exponencial. Os modelos (2) e (3) valem-se da técnica de Holt – Winters e correspondem respectivamente aos efeitos sazonais aditivos e multiplicativos. Os resultados encontram-se nas Tabelas II e III a seguir em correspondência com os dois modelos indicados. Na terceira coluna aparecem os valores dos parâmetros α , β e γ e os efeitos sazonais tanto na versão aditiva quanto multiplicativa.

Tabela II
Resultados do Modelo (2)
Holt – Winters - Aditivo

Parâmetros	Ano: mês	Valores
A		0.3900
B		0.1000
Γ		0.0000
Efeito sazonal	2007:03	-2.257202
	2007:04	-4.648103
	2007:05	0.485282
	2007:06	-5.257663
	2007:07	-1.855707
	2007:08	-1.136608
	2007:09	-5.291795
	2007:10	0.244447
	2007:11	-0.402168
	2007:12	39.59979
	2008:01	-6.348256
	2008:02	-13.13201

Tabela III
Resultados do Modelo (3)
Holt – Winters – Multiplicativo

Parâmetros	Ano: mês	Valores
A		0.4400
B		0.1400
Γ		0.0000
Efeito sazonal	2007:03	0.978356
	2007:04	0.956657
	2007:05	1.003041
	2007:06	0.951810
	2007:07	0.983850
	2007:08	0.990731
	2007:09	0.951045
	2007:10	1.003255
	2007:11	0.996751
	2007:12	1.363508
	2008:01	0.940949
	2008:02	0.880048

A terceira vertente considerada na previsão das vendas é a previsão por meio dos valores e erros passados. Antes de especificar o modelo, visando tornar a série das vendas estacionária, tomou-se a primeira diferença desta variável entre os períodos t e $t-12$. Uma vez

PREVISÃO DE VENDAS NO VAREJO BRASILEIRO: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DE DIFERENTES TÉCNICAS QUANTITATIVAS

obtida esta série de valores seguiu-se as quatro etapas do método Box - Jenkins: identificação da forma funcional, estimação, diagnóstico e previsão. Após diversas simulações obteve-se o modelo mostrado na Tabela IV. Como se observa trata-se de uma combinação de termos autoregressivos com médias móveis. Diversos modelos foram testados e avaliados considerando os critérios estatísticos propostos pelo método (teste t, teste F, R^2 , Akaike e Schwarz). Os resultados que se encontram na Tabela IV mostram um modelo bem ajustado, exceto pela distribuição dos resíduos. De fato a série de resíduos apesar de se revelarem estacionários têm uma probabilidade relativamente baixa de se aproximarem da distribuição normal.

Tabela IV
Resultados do Modelo

Variáveis	Coefficientes	Erro padrão	Estatística t	P
C	10.17814	6.314960	1.611750	0.1113
AR(1)	0.420702	0.085316	4.931083	0.0000
AR(3)	0.503745	0.102593	4.910105	0.0000
MA(2)	0.264767	0.141234	1.874660	0.0648
R^2	78,61%			
R^2 ajustado	77,74%			
Akaike	5.032547			
Schwarz	5.153404			
Durbin - Watson	1.715785			
Jarque – Bera	1,617883			44,53%

Finalmente o quinto e último modelo proposto para previsão das vendas é uma combinação do primeiro modelo, modelo (1), com a função definida a partir da aplicação da técnica Box – Jenkins e o modelo (4) (PINDYCK; RUBINFELD, 1991, p. 548). Em outras palavras associou-se os termos autoregressivos com as potenciais variáveis explicativas previamente identificadas. Nesta especificação tomou-se também, pelas razões anteriormente enunciadas, o logaritmo das vendas.

Depois de testar diversas especificações optou-se pela formulação apresentada na Tabela V. Pode-se observar pela análise dos resultados que a função estimada representa de forma bastante adequada à evolução das variações das vendas de varejo no período de estudo. Todos os parâmetros são significativos, o poder explicativo é alto e não existe autocorrelação serial nem positiva nem negativa. Deve-se acrescentar ainda que os resíduos são estacionários com distribuição normal.

Tabela V
Resultados do Modelo (5)
Série Temporal e Variáveis Explicativas

Variáveis	Coefficientes	Erro padrão	Estatística t	P
C	3.794342	0.127856	29.67674	0.0000
SER48	0.007611	0.000834	9.128012	0.0000
SER22	0.001925	0.000287	6.715434	0.0000
AR(12)	0.856825	0.057861	14.80841	0.0000
R ²	0.975748			
R ² ajustado	0.974803			
Akaike	-4.628525			
Schwarz	-4.510280			
Durbin – Watson	1.723063			
Jarque – Bera	2,35			99,99

Uma vez estimadas as funções de predição pelos diferentes métodos resta agora examinar a qualidade dos resultados tendo em vista os diferentes modelos propostos. Isto é feito no próximo tópico deste trabalho.

4. Avaliação dos modelos de previsão de vendas

Dos tópicos anteriores obtiveram-se cinco modelos. O objetivo desta parte do trabalho é exatamente o de comparar as previsões resultantes da aplicação dos modelos propostos e estimados anteriormente.

Para a estimação dos modelos valeu-se do período de junho de 2000 a fevereiro de 2008, englobando, portanto, noventa e duas observações. Como se dispõe dos dados das vendas de junho de 2008 a março de 2009, utilizou-se as projeções nos cinco modelos para comparar com os dados reais de março de 2008 a março de 2009, considerando as cinco especificações alternativas. Como indicador dessas comparações valeu-se da SQR produzida nas cinco alternativas.

Como já se definiu anteriormente o modelo (1) corresponde ao método econométrico com a utilização de variáveis *dummies* (efeitos sazonais). As formulações (2) e (3) correspondem especificamente à utilização do método de alisamento exponencial com efeitos sazonais aditivos e multiplicativos respectivamente. O modelo (4) é o decorrente do método Box – Jenkins. O quinto e último, modelo (5), combina os modelos econométricos (1) e

**PREVISÃO DE VENDAS NO VAREJO BRASILEIRO: UMA AVALIAÇÃO A
PARTIR DE DIFERENTES TÉCNICAS QUANTITATIVAS**

estocásticos (4). A Tabela VI compara os diferentes modelos no horizonte de março de 2008 a março de 2009.

Tabela VI
Análise da Qualidade do Ajuste
Diferentes Modelos
Soma dos Quadrados dos Resíduos
Período de Comparação Março 2008 a Março 2009

Real		Modelos				
Mês /Ano	Índice	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Março/08	140.31	127,02	139.54	139.67	135.93	137.52
Abril/08	133.82	130,94	138.25	137.83	132.69	134.11
Mai/08	146.26	134,48	144.49	145.84	141.31	139.33
Junho/08	136.23	133,11	139.85	139.65	135.55	137.97
Julho/08	140.77	137,25	144.35	145.65	135.18	142.48
Agosto/08	144.76	134,60	146.17	147.98	141.34	140.69
Setembro/08	140.51	137,92	143.12	143.31	138.28	145.01
Outubro/08	146.98	136,00	149.75	152.50	143.36	145.89
Novembro/08	143.57	146,44	150.21	152.83	146.34	154.67
Dezembro/08	192.83	192,52	191.31	210.87	195.50	196.54
Janeiro/09	142.19	127,75	146.47	146.76	143.93	138.44
Fevereiro/09	129.68	126,53	140.78	138.43	134.65	135.45
Março/09	142.18	124,13		155.18	150.09	137.08
SQR		1129,03	365.71	778.52	211.60	310.22
Classificação		5^o	3^o	4^o	1^o	2^o
(4) em relação aos outros		5,4	1,7	3,6	1,0	1,5

O exame dos resultados revela que há uma substancial diferença entre os modelos. As três últimas linhas da Tabela VI permitem a ordenação dos métodos segundo a SQR. Como se vê a aplicação do método Box – Jenkins – modelo (4) - é o que produz uma menor SQR. Seguido do modelo (5) que combina séries temporais estocásticas com variáveis explicativas e do modelo de alisamento exponencial com componente aditivo – modelo (2). Os dois piores modelos são o modelo econométrico – modelo (1) e o alisamento exponencial com componente multiplicativo – modelo (3).

Deve-se observar que deixando de lado o método Box Jenkins que produziu a menor SQR e comparando os demais métodos verifica-se que a diferença entre o modelo (5), séries temporais e variáveis explicativas, e o modelo (2), o de simples alisamento exponencial aditivo, não é tão grande. De fato enquanto o modelo (5) produz uma SQR de 310,22, o modelo (2) fornece uma SQR de 365,71. O método econométrico e o alisamento exponencial

com especificação multiplicativa, entretanto, produziram, SQR de quatro a cinco vezes maior que o modelo (4).

Concluí-se, portanto, que modelos puros de séries temporais apoiados pelo método Box – Jenkins parecem de fato fornecer as melhores previsões para as vendas do varejo. Deve-se acrescentar ainda que os métodos mais simples de alisamento exponencial com especificação aditiva não apresentam diferenças tão significativas em termos de precisão relativamente a modelos mais sofisticados nos quais se combina séries temporais e variáveis explicativas.

5. Conclusões e possíveis extensões

Uma das atividades absolutamente essenciais é a previsão de vendas. Modelos que permitem uma adequada antecipação da demanda em muito contribuem com a gestão das empresas de modo geral. Em particular no varejo, elo de ligação, entre consumidores e produtores, a previsão das vendas é um elemento decisivo na definição de um posicionamento competitivo.

A antecipação das vendas no varejo permite que se organizem as operações, estoques e distribuição, de modo a ampliar a eficiência e eficácia dos recursos empregados nas atividades comerciais.

No Brasil, após o Plano Real, as condições do mercado de consumo alteram-se substancialmente. As ineficiências operacionais tornaram-se um peso demasiadamente grande para serem suplantadas pelas aplicações no mercado financeiro.

Neste cenário, de acirramento da competição e encolhimento de margens, os aspectos relacionados à operação varejista propriamente dita passaram a ter relevância muitíssimo mais ampla. Obviamente, pelo que já foi dito, a previsão acertada das vendas é uma das iniciativas importantes na melhora da administração das empresas comerciais.

O artigo, portanto, aborda um aspecto fundamental, que é as diferentes abordagens quantitativas para previsão. Embora se reconheça a importância das técnicas qualitativas, o propósito deste trabalho é o de analisar comparativamente as técnicas quantitativas. A previsão de vendas na realidade exige a combinação destas duas abordagens, porém acredita-se que o exame comparativo das técnicas quantitativas contribua para um processo mais eficaz das previsões dos fluxos de venda das empresas comerciais.

Analisaram-se cinco modelos. O primeiro procura expressar as vendas do varejo em termos da folha real de pagamentos, dos juros, dos prazos e também do comportamento

PREVISÃO DE VENDAS NO VAREJO BRASILEIRO: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DE DIFERENTES TÉCNICAS QUANTITATIVAS

sazonal captado por variáveis categóricas. O segundo e terceiro modelos valem-se do alisamento exponencial nas formas aditiva e multiplicativa, respectivamente. A quarta formulação decorre da aplicação do método Box – Jenkins. Finalmente o quinto e último modelo combina termos da formulação Box – Jenkins com variáveis explicativas.

A conclusão é que o método Box – Jenkins apresenta o melhor ajuste das previsões aos valores reais. Essa conclusão baseia-se no resultado acumulado de março de 2008 a março de 2009. É possível que métodos diferentes se ajustem de modo mais preciso a situações diversas.

Esse trabalho enseja outros estudos comparativos. Uma possibilidade seria a comparação dos resultados com os modelos oriundos da aplicação da técnica denominada *data mining*. O *data mining* consiste basicamente em um processo de análise de dados de modo a extrair dos próprios dados comportamentos e relacionamentos baseados em múltiplas correlações.

Embora o processo de *data mining* possa ser feito pelas técnicas estatísticas tradicionais, há um grande esforço de pesquisa nesta área do conhecimento apoiado nas redes neurais. As redes neurais foram suscitadas pelo funcionamento do cérebro humano no qual a comunicação entre os neurônios se dá por meio de impulsos elétricos. O organismo humano recebe estímulos e reage em resposta aos sinais emitidos. O cérebro funciona como um sistema de decodificação de sinais, oferecendo respostas, segundo um determinado padrão mental.

Pode-se, portanto, imaginar a construção de redes vinculando dados e informações em um sistema de relacionamentos. O princípio básico é o de ajustar o sistema de modo que a um dado conjunto de estímulos se reproduza uma determinada resposta.

Obviamente este procedimento se presta a previsão de vendas. O conhecimento das vendas passadas e de algumas características relevantes permite que se ajuste ou ainda se “treine” (usando a terminologia relacionada à redes neurais) para que reproduza os valores passados. Uma vez tendo o sistema ajustado as previsões são obtidas automaticamente.

Um exemplo interessante de estimação das vendas utilizando *data mining* é Thomassey e Fiordaliso (2006) que aplicam o *data mining* para a previsão da distribuição de produtos do segmento vestuário. Aplica-se inicialmente as técnicas de *data mining* com o objetivo de definir conjuntos com atributos similares (*clusters*). Com base nestes subconjuntos e valendo-se de árvores de decisão construídas a partir dos atributos, estabelecem-se previsões de

desempenho das vendas de itens novos considerando as similaridades com produtos e situações passadas.

Uma outra aplicação relativamente recente do mesmo recurso foi feita no segmento de refeições rápidas (LIU *et al.*, 2001). Segundo os autores a determinação automática de padrões contribui significativamente para a revelação de comportamentos e relações entre variáveis explicativas e explicadas.

De qualquer modo o propósito desta rápida discussão sobre as redes neurais, feita na parte final do presente artigo, presta-se a estimular a realização de um trabalho com propósitos semelhantes a este comparando as previsões das vendas de varejo utilizando-se deste recurso analítico e das séries temporais modeladas segundo o método Box –Jenkins.

Conclui-se este trabalho reforçando a idéia de que embora a previsão seja algo de grande importância para as organizações em geral, no varejo essa função se reveste de relevância ainda maior. A complementaridade dos recursos técnicos para a previsão não se dá apenas entre abordagens quantitativas e qualitativas. Há por certo espaços de investigação comparativa dentro de cada um desses conjuntos, como se tentou assinalar neste artigo.

PREVISÃO DE VENDAS NO VAREJO BRASILEIRO: UMA AVALIAÇÃO A
PARTIR DE DIFERENTES TÉCNICAS QUANTITATIVAS

REFERÊNCIAS

- ANG, S.; O'CONNOR, M. The effect of group interaction processes on performance in time series extrapolation. **International Journal of Forecasting**, v.7, n.2, p. 141-149, august 1991.
- BOX, G. E. P. and JENKINS, G. M. **Time Series Analysis: Forecasting and Control**. San Francisco: Holden Day, 1976.
- BROCKHOFF, K. Group processes for forecasting. **European Journal of Operational Research**, v.13, n.2, p.115-127, june 1983.
- CHU, C.; ZHANG, G.P. A comparative study of linear and nonlinear models for aggregate retail sales forecasting. **International Journal of Production Economics**, v.86, n.3, p.217-231, december 2003.
- DE GOOIJER, J.G.; HYNDMAN, R.J. 25 years of time series forecasting. **International Journal of Forecasting**, v.22, n.3, p. 443-473, 2006.
- GUJARATI, D *Econometria básica*, Rio de janeiro, Editora Campus, 2006.
- ENDERS, W. **Applied econometric time series**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- EVIEWS 4 User's Guide**. Irvine: Quantitative Micro Software, 2000.
- FRANSES, P. H. Merging models and experts. **International Journal of Forecasting**, v.24, n.1, p.31-33, january-march 2008.
- GARDNER, E. S. Forecasting the failure of component parts in computer systems: A case study. **International Journal of Forecasting**, v.9, n.2, p.245-253, august 1993.
- GEURTS, M. D.; KELLY, J. P. Forecasting retail sales using alternative models. **International Journal of Forecasting**, v.2, n.3, p. 261-272, 1986.
- GRUBB, H.; MASON, A. Long lead-time forecasting of UK air passengers by Holt–Winters methods with damped trend. **International Journal of Forecasting**, v.17, n.1, p .71-82, january-march 2001.
- GUJARATI, D. **Econometria básica**. 4. ed. Rio de Janeiro - Brasil: Elsevier Editora Ltda, 2006.
- LIU, L.; BHATTACHARYYA, S; SCLOVE. S.L.; CHEN. R; LATTYAK, W.J. Data mining on time series: an illustration using fast-food restaurant franchise data. **Computational Statistics & Data Analysis**, v.37, n.4, p. 455-476, october 2001.
- MILLER, T.; LIBERATORE, M. Seasonal exponential smoothing with damped trends: An application for production planning. **International Journal of Forecasting**, v.9, n.4, p. 509-515, december 1993.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. **Econometric Models & Economic Forecasts**. McGraw Hill, 3 ed., 1991.

SESSO FILHO, U. A. Crescimento e desempenho de redes de supermercado na década de 90. **Varejo Competitivo**, São Paulo, v. 6, p. 21-44, 2001.

SNIEZEK, J. A. An examination of group process in judgmental forecasting. **International Journal of Forecasting**, v.5, n.2, p.171-178, 1989.

SNYDER, R. D.; KOEHLER, A. B.; ORD, K. Forecasting for inventory control with exponential smoothing. **International Journal of Forecasting**, v.18, n.1, p.5-18, january-march 2002.

SEGURA, J. V.; VERCHER, E. .A spreadsheet modeling approach to the Holt–Winters optimal forecasting. **European Journal of Operational Research**, v.131, n.2, p. 375-388, june 2001.

THOMASSEY, S.; FIORDALISO, A. A hybrid sales forecasting system based on clustering and decision trees. **Decision Support Systems**, v.42, n.1, p.408-421, october 2006.