
**PREVISÃO DE DEMANDA NO VAREJO ALIMENTÍCIO COMO FERRAMENTA
ESTRATÉGICA DE SUSTENTABILIDADE EM UMA PEQUENA EMPRESA BRASILEIRA**

Claudimar Pereira Da Veiga

Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas, PUC/PR
claudimar.veiga@gmail.com

Cássia Rita Pereira Da Veiga

Mestrado em Administração de Empresas, PUC/PR
cassia.veig@gmail.com

Anderson Catapan

Mestrado em Contabilidade, Universidade Federal do Paraná
Professor na Universidad Técnica Particular de Loja, Equador
andecatapan@yahoo.com.br

Ubiratã Tortato

Doutor em Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo
Professor Titular da PUC/PR
ubirata.tortato@pucpr.br

Wesley Vieira da Silva

Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina
Professor Titular da PUC/PR
wesley.vieira@pucpr.br

RESUMO

Em um mundo competitivo e globalizado, a previsão de demanda assume um importante papel para o planejamento das operações e em sua transição para uma cadeia de suprimentos sustentável. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é descrever a previsão de demanda como uma ferramenta estratégica de sustentabilidade aplicável a uma PME brasileira. Para a previsão de demanda, utilizou-se o modelo de redes neurais artificiais e o *fill rate* como indicador do nível de serviço oferecido ao consumidor, assim como do custo de oportunidade em resposta à demanda. O estudo também estabeleceu relação de causa e efeito entre a acuracidade da previsão, a responsividade da demanda e o desempenho econômico, ambiental e social decorrentes do processo. Em concordância com os conceitos da VBRN e do 3BL, o estudo demonstrou que a previsão de demanda proporciona eficiência na utilização dos recursos, melhorias na responsividade do cliente e evita "perdas" por *stock out* e por *overstock* na cadeia de suprimentos.

Além desse ganho econômico, a previsão de demanda reduz a quantidade de resíduos gerados pelo vencimento de produtos no varejo, melhora o atendimento da demanda e a satisfação do consumidor, com consequentes ganhos ambientais e sociais. Trata-se de um estudo de caso descritivo, *ex-post facto* e de corte temporal seccional, com utilização de dados qualitativos, dados quantitativos históricos e observação direta.

Palavras-chave: Previsão de demanda. Cadeia de suprimento sustentável. Sustentabilidade.

DEMAND FORECAST IN RETAIL FOOD AS A TOOL FOR STRATEGIC SUSTAINABILITY IN A SMALL BRAZILIAN COMPANY

ABSTRACT

In a competitive and globalized world, demand forecasting plays an important role in the planning of operations and in their transition to a sustainable supply chain. In this sense, the objective of this paper is to describe the demand forecast as an strategic tool of sustainability applicable to Brazilian SME. To the demand forecast was used the model of artificial neural networks and the fill rate as an indicator of the level of service offered to the consumer as well as the opportunity cost in response to demand. The study also established cause-effect relationship between the accuracy of the prediction, the responsiveness of demand and the economic, environmental and social performance due process. In agreement with the concepts of VBRN and 3BL, the study showed that the demand forecast provides efficient use of resources, improved customer responsiveness and prevents "loss" for stock out and overstock by the supply chain. Besides this economic gain, demand forecasting reduces the amount of waste generated by the maturity of retail products, improves service demand and customer satisfaction, with consequent environmental and social gains. This is a descriptive case study, *ex-post facto* and sectional time, using qualitative data, quantitative and historical data and direct observation.

Key-words: Forecast demand. Sustainable supply chain. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Mudanças ocorridas no âmbito econômico e político no Brasil, nas últimas décadas, estimularam as empresas a explorarem soluções geradoras de renda, eficiência do processo produtivo e aumento da qualidade dos produtos ofertados. Além desses desafios econômicos, devido às atuais restrições na disponibilidade de recursos não renováveis, as empresas precisaram repensar suas estratégias futuras para assegurar a sustentabilidade de suas operações. Apesar da resistência inicial à mudança, a transição para uma cadeia de suprimentos sustentável tornou-se um importante fator competitivo estratégico para a manutenção do próprio negócio.

Pesquisas acadêmicas (Gupta & P-Desai, 2011) demonstram que o gerenciamento de cadeias de suprimentos sustentável (GCSS) promove eficiência e sinergia entre os parceiros, ajuda a alcançar maior desempenho ambiental, minimiza a formação de resíduos, gera economia de recursos, melhora a imagem corporativa e a exposição positiva no mercado (Wu & Pagell, 2011). O conhecimento acumulado desse segmento da literatura sugere que atividades organizacionais sustentáveis – quer a montante, com os fornecedores, ou a jusante, com os clientes – concomitantemente geram aumento da competitividade e melhoram o desempenho ambiental, econômico e social a longo prazo (Vachon & Mao, 2008; Zylbersztajn & Lins, 2007; Gupta & P-Desai, 2011; Wu & Pagell, 2011; Zailani, Jeyaraman, Vengadasan & Premkumar, 2012).

Em geral, as pesquisas sobre sustentabilidade no Brasil e no mundo enfatizam a análise empírica em empresas de grande porte ou de capital aberto (Lemme, 2010). Em contrapartida, a economia dos países em desenvolvimento, como é caso do Brasil, baseia-se, em grande parte, em pequenas e médias empresas (PMEs) e seria paradoxal concluir que, para elas, não haja oportunidades associadas à questão da sustentabilidade (Lee, 2008; Moore & Manring, 2009). As PMEs assumem um papel vital na gestão dos limitados recursos ambientais e sociais (Zorpas, 2010; Mazur, 2012) já que correspondem a quase 99% de todas as empresas mundiais e representam dois terços dos empregos ofertados nas respectivas regiões (Mazur, 2012). No Brasil, dos mais de 6,1 milhões de empresas, 94% são consideradas micro e 5,1% pequenas empresas (Häner, 2011).

Para definir o objetivo desta pesquisa e avaliar a previsão de demanda como ferramenta estratégica de sustentabilidade aplicável à cadeia de suprimentos de uma PME brasileira, recorreu-se ao mapa estratégico recortado da organização em estudo, demonstrado na Figura 1. Um mapa estratégico é uma ilustração da estratégia de uma empresa, ou seja, uma representação visual das relações de causa e efeito entre os componentes-chave da estratégia de uma organização. Pelo mapa estratégico, é possível

visualizar como diferentes partes de uma organização contribuem direta ou indiretamente para o desempenho como um todo (Buytendijk, Hatch & Micheli, 2010). Na Figura 1, o mapa estratégico recortado foi utilizado para ilustrar a implantação da previsão de demanda como ferramenta de sustentabilidade e para associar seus objetivos às ações e medidas de desempenho. A mensuração do que se pretende gerir estabelece uma justificativa para a mudança de processos (Epstein & Wisner, 2001).

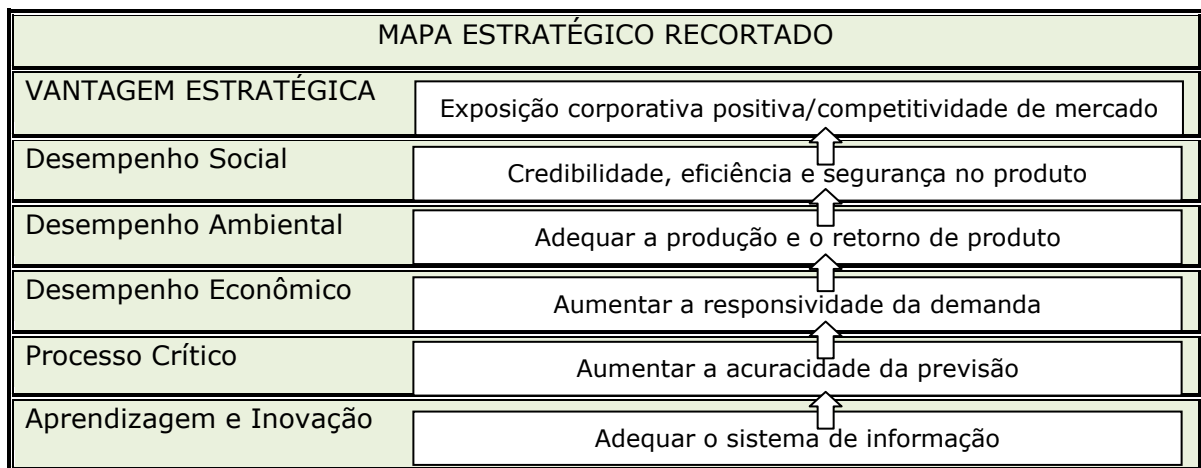


Figura 1: A previsão de demanda como ferramenta de sustentabilidade de uma PME brasileira distribuidora de produtos perecíveis

Fonte: Os autores

Na Figura 1, é ilustrada a relação de causa e efeito entre a acuracidade da previsão, a responsividade da demanda e o desempenho econômico, ambiental e social decorrente do processo. Essa ilustração destaca que a acuracidade do método de previsão utilizado é um fator crítico e exerce grande influência no desempenho da empresa. Pelas medidas de acuracidade da previsão, o administrador consegue analisar se a organização está cumprindo com as estratégias planejadas, além de ter a oportunidade de antecipar informações, de promover reduções nos custos da cadeia de suprimentos e melhorias na responsividade do cliente (Veiga, Veiga & Duclós, 2010). Além disso, independentemente do elo da cadeia de suprimentos, a acuracidade das informações interfere no nível de estoque, na quantidade de resíduos, no atendimento da demanda e na satisfação do consumidor (Sarkis, 2012), estando, portanto, diretamente relacionada ao desempenho econômico, ambiental e social da organização.

Em suma, o objetivo do presente trabalho é descrever uma ferramenta estratégica de sustentabilidade aplicada a uma pequena empresa distribuidora de produtos alimentícios perecíveis: a previsão de demanda. Serão descritas as vantagens sociais, ambientais e econômicas decorrentes da ação operacional. Para a previsão de demanda, será avaliada a influência dos erros de previsão no desempenho da empresa,

utilizando-se o *fill rate* como indicador do nível de serviço oferecido ao consumidor, assim como do custo de oportunidade em resposta à demanda.

Para atender aos objetivos propostos neste estudo, o presente trabalho encontra-se dividido em cinco partes. Após esta introdução, apresenta-se o referencial teórico necessário para fundamentar a acuracidade da previsão de demanda como ferramenta estratégica de sustentabilidade. Na sequência, são descritas a metodologia do trabalho, a análise dos resultados e, por fim, as considerações finais do estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Revolução Industrial, ocorrida no final do século XVIII, representa o marco de divisão entre os interesses da sociedade humana de um lado e a preservação ambiental de outro. A visão de negócios dos séculos XVIII e XIX era a da inesgotabilidade dos recursos naturais. Nesse contexto, a posição competitiva de uma empresa era sustentada pela heterogeneidade e imobilidade de seus recursos estratégicos, caracterizados como socialmente complexos, de causalidade ambígua e, por isso, valiosos, raros, insubstituíveis e difíceis de imitar (Barney, 1991). O recurso possuía valor se pudesse aumentar a disposição do cliente para obter o produto ou se este pudesse ser produzido com menor custo. O atributo "raridade" proporciona à empresa o comando de um produto *premium* e evita a participação em mercados perfeitamente competitivos. A dificuldade de imitação, geralmente alcançada pela complexidade social do recurso, cria o potencial para a vantagem competitiva sustentável. No geral, dentro dessa Visão Baseada em Recursos (VBR), o mundo corporativo ignorava sistematicamente os fatores externos à organização, fossem eles restrições impostas pelo ambiente biofísico (natural) ou desafios decorrentes do ambiente social (Hart, 1995).

Desde o início dos anos 1990, era evidente para os investigadores que a disponibilidade de recursos e as fontes de vantagem competitiva para as empresas iriam tornar-se mais limitadas com o passar do tempo. Essas mudanças são cada vez mais visíveis, principalmente para os setores industriais nos quais os concorrentes possuem acesso a matérias-primas e fornecedores semelhantes. Em 1995, já se preconizava: "No futuro, será inevitável que a estratégia e a vantagem competitiva estejam enraizadas na capacidade da empresa de desenvolver atividade econômica ambientalmente sustentável" (Hart, 1995, p. 990). Nesse contexto, surge a Visão Baseada em Recursos Naturais (VBRN), que consiste na prevenção da poluição, na gestão de produtos e no desenvolvimento sustentável da organização. Cada um desses pilares, construídos sobre recursos-chave diferentes, gera uma fonte diferente de vantagem competitiva. A prevenção da poluição, relacionada à redução de resíduos e poluentes, está associada ao aumento de eficiência dos processos e à redução de custos na cadeia de suprimentos da

organização. O gerenciamento do ciclo de vida de um produto cria o potencial para a vantagem competitiva pela antecipação estratégica. Por fim, a estratégia de desenvolvimento sustentável procura caminhos que possam ser mantidos indefinidamente no futuro com foco em parâmetros econômicos e sociais.

O desenvolvimento sustentável é definido como um processo de realização do desenvolvimento humano em uma sociedade inclusiva, conectada, justa, prudente e segura voltada para o qualitativo em detrimento ao quantitativo (Gladwin, Kennelly & Krause, 1995). Uma organização sustentável é aquela que contribui para o desenvolvimento sustentável por, simultaneamente, proporcionar benefícios econômicos, sociais e ambientais, conceito conhecido como *triple bottom line* ou 3BL (Elkington, 1997). A ideia central do paradigma 3BL é que o sucesso final de uma organização pode e deve ser medido não apenas por seu resultado econômico tradicional, mas também por seu desempenho social/ético e ambiental. Uma organização sustentável é aquela que persegue o lucro e que, ao mesmo tempo, protege o meio ambiente e defende os direitos dos trabalhadores e de outros *stakeholders*. Naturalmente, as dimensões sociais e ambientais de GCSS devem ser realizadas com um reconhecimento claro e explícito dos objetivos econômicos da empresa.

Apesar das divergências na correlação entre desempenho ambiental e desempenho econômico, trabalhos científicos (Gupta & P-Desai, 2011) sobre sustentabilidade na área de gerenciamento de operações demonstram que a conexão entre as decisões operacionais de uma empresa e seu desempenho ambiental é imediata. Embora considerações ambientais muitas vezes ocasionem custos adicionais e restrições no sistema de produção, essas considerações também podem gerar novas oportunidades que, se devidamente exploradas, podem levar a um melhor desempenho econômico e, ao mesmo tempo, atenuar o impacto ambiental e social da organização. A excelência operacional de uma organização gera excelência no desempenho ambiental e na competitividade (Gupta & P-Desai, 2011).

Com relação às iniciativas sociais, as PMEs brasileiras ainda “engatinham” no desenvolvimento de operações sustentáveis para o desempenho social, talvez porque para este parâmetro ocorra menor pressão para implementação de mudanças (Lemme, 2010; Zorpas, 2010). Os programas sociais melhoram a reputação corporativa social e indiretamente aumentam as vendas, mas, geralmente, acarretam elevados custos de produção, principalmente dentro de uma perspectiva de curto prazo (Zorpas, 2010). Nesse sentido, as duas subseções seguintes fundamentam a utilização da acuracidade da previsão de demanda como ferramenta operacional de sustentabilidade.

2.1 ACURACIDADE DA PREVISÃO COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA DE SUSTENTABILIDADE

Em um segmento industrial marcado por rápidas e constantes mudanças, para manterem uma vantagem competitiva sustentável, as empresas precisam desenvolver processos que lhes permitam melhor consciência sobre o futuro (Teece, Pisano & Shuen, 1997). A previsão de demanda assume um importante papel para o planejamento das operações sustentáveis no mercado, seja no nível macro, seja no microeconômico. Não basta, entretanto, ter um sistema de previsão de demanda na organização. É a qualidade da informação obtida por esse sistema que capacita a organização a obter melhor desempenho ambiental, econômico e social. Para Kuo e Xue (1999), obter uma previsão de demanda precisa é o ponto crítico da qualidade do processo decisório. A previsão tenta calcular e prever uma circunstância futura providenciando a melhor avaliação da informação comercial e de mercado disponível.

A pesquisa de previsão de demanda tem comumente assumido que a acurácia é o critério primário na seleção do modelo de previsão ideal (Chu & Zhang, 2003; Terasvirta, Dijk & Medeiros, 2005; Pao, 2006; Coelho, Santos & Costa Jr, 2008; Veiga, Veiga & Duclós, 2010, Romualdo, Baptista & Vieira, 2010; Chen, 2011), apesar de múltiplos critérios serem desejáveis na avaliação prática das técnicas de previsão (Yokum & Armstrong, 1995). Estudos recentes demonstram que uma previsão de demanda de alta acurácia assume uma função crítica para a lucratividade varejista (Veiga, Veiga, Vieira & Tortato, 2012) e exerce uma influência direta no nível de serviço oferecido ao consumidor, no nível de estoque de segurança, no custo total e no desempenho da cadeia de suprimentos. Se uma previsão é mais acurada, significa que a produção pode antecipar melhor a demanda do cliente (Meijden, Nunen & Ramondt, 1994). Ao contrário, uma previsão inadequada pode comprometer os resultados da cadeia de suprimentos e gerar três situações: *stockouts* (não atendimento de demanda), *backlogs* (demanda atendida com atraso) e/ou excesso de estoque com vencimento do produto no ponto de venda. Essas situações, além de aumentarem os custos do produto, comprometem a GCSS.

Os negócios varejistas frequentemente exibem forte variação sazonal (Veiga, 2009). Esse é um dos grandes desafios do varejo e da indústria de alimentos: realizar o planejamento da produção em acompanhamento às necessidades de demanda. Historicamente, prever dados sazonais e com tendência representa um dos principais esforços de pesquisa em gestão de estoque e muitos métodos teóricos e heurísticos têm sido desenvolvidos nas últimas décadas (Chu & Zhang, 2003). As abordagens quantitativas tradicionais incluem métodos heurísticos tais como decomposição de séries temporais, suavização exponencial e médias móveis autorregressivas integradas (ARIMA). A principal limitação desses métodos tradicionais é que eles são essencialmente

lineares (Chen, 2011). No geral, nos métodos lineares, os usuários não precisam conhecer a relação complexa entre os dados. Como vantagem prática, esses modelos são de fácil interpretação e implementação (Chu & Zhang, 2003; Chen, 2011).

Geralmente quando os modelos lineares falham no processo de previsão, modelos não lineares mais complexos devem ser considerados (Chu & Zhang, 2003; Chen, 2011). Desse modo, muitos estudos para a previsão de demanda utilizam métodos não lineares como Redes Neurais Artificiais (RNAs), Sistema Fuzzy e Máquina de Vetor de Suporte (SVMs) aplicada à regressão (Levis & Papageorgiou, 2005). Esses métodos são projetados para captar padrões não lineares da série temporal, por isso, geralmente, apresentam desempenho superior para modelar o comportamento econômico e para tomadas de decisão subjacentes mais complexas. Estudo investigativo recente no mercado de alimentos demonstrou que o modelo de redes neurais apresenta alta acurácia na determinação da previsão de demanda (Angelo, Zwicker, Fouto & Luppe 2011; Veiga et al., 2012)

É difícil mensurar os custos gerados pelo erro de previsão (Veiga, 2009), assim como encontrar no mercado um modelo que assimile adequadamente as particularidades do funcionamento de cada empresa. Portanto, diante de diferentes possibilidades de métodos de previsão, torna-se necessário identificar por índices de desempenho qual a metodologia mais adequada para cada caso. Embora numerosos estudos comparativos entre diferentes métodos de previsão de demanda tenham sido conduzidos na literatura, os achados não demonstram consenso, pelo contrário, as conclusões são contraditórias (Chu & Zhang, 2003; Xie, Lee & Zhao, 2004). Além disso, muitos trabalhos comparam diversos modelos de previsão, mas não pesquisam o uso das informações obtidas no processo de tomada de decisão (Acar & Gardner, 2012) ou o impacto econômico, ambiental e social na cadeia de suprimentos como um todo. Dentre os poucos estudos que abordam esse tema, alguns demonstram que os erros de previsão apresentam significativo impacto nos custos totais, na programação da produção e no nível de serviço prestado (Xie, Lee & Zhao, 2004; Veiga et al., 2012), outros demonstram resultados totalmente opostos (Price & Sharp, 1985; Coelho, Santos & Costa Jr., 2008).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Na forma de estudo de caso descritivo, *ex-post facto* e de corte temporal seccional, este trabalho buscou analisar um fato real para alcançar um conhecimento detalhado da situação (Yin, 1987) e melhorar o entendimento de como as PMEs podem lidar com o desafio do crescimento sustentável. Para isso, foram utilizados dados qualitativos, dados quantitativos históricos e observação direta, combinando diferentes

métodos para permitir a triangulação (Voss, Tsiriktsis & Frohlich, 2002). A seguir, descreve-se a organização em estudo e a metodologia de análise empregada.

3.1 ORGANIZAÇÃO EM ESTUDO

A distribuição indireta possui importância estratégica para a empresa produtora de alimentos perecíveis e de baixo valor unitário. Por meio dela, a empresa produtora é beneficiada com a transferência de custos para os intermediários da cadeia e com a possibilidade de atendimento de todo o pequeno varejo, mesmo diante de grande dispersão geográfica e com pedidos de baixo tamanho médio (Dias, 1993). A empresa distribuidora, por sua vez, é resguardada por contratos comerciais claros e objetivos, com delimitação específica da região de trabalho.

A organização estudada iniciou suas atividades como distribuidora autorizada de produtos alimentícios perecíveis em 1995. Sua estrutura comercial atende a uma base cadastral ativa de, aproximadamente, 2.500 clientes, composta por supermercados, mercearias, panificadoras e lojas de conveniência. Em relação aos recursos humanos, a empresa possui um gerente, dois supervisores, 11 promotores de vendas, 15 vendedores, 15 motoristas, três auxiliares administrativos, um analista financeiro, um faturista e três estoquistas. A organização estudada é responsável pela distribuição de todo o mix de produtos alimentícios perecíveis, com exclusividade em clientes de até 10 *checkouts* na respectiva região de atuação, que compreende uma área geográfica de 435 km² com uma população de, aproximadamente, 1.800.000 pessoas.

O departamento comercial da empresa é o responsável pela previsão de demanda. Nesta organização, a metodologia empregada é a utilização de médias móveis aliadas a uma valorização com análise qualitativa, que pode oscilar de acordo com as ações de mercado. Esse modelo utiliza exclusivamente planilhas eletrônicas do *software Microsoft Excel*. Geralmente, os cálculos são realizados semanalmente baseados nos dados históricos para a composição da previsão mensal. Avaliam-se a média de demanda das últimas quatro semanas e a máxima no período. Nessa análise, há uma média aritmética entre as semanas que compõe o mês corrente para realizar a previsão do mês seguinte. O analista de previsão observa a média e a demanda máxima no período e faz as alterações necessárias de acordo com os objetivos e os interesses da empresa.

3.2 PREVISÃO DE DEMANDA COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA DE SUSTENTABILIDADE

Para a análise da previsão de demanda, foram coletados dados históricos que abrangem o período de 2009 a 2012. O período de avaliação foi selecionado em função

da necessidade de análise para as séries temporais. Para facilitar a análise e para aumentar sua relevância gerencial, grupos de produtos semelhantes foram agregados e analisados conjuntamente. Como a escolha do nível apropriado de agregação depende do processo de tomada de decisão que a previsão espera suportar (Zotteri, Kalchschmidt & Caniato, 2005), o critério para agregação foi selecionado com base nas características intrínsecas dos produtos, reunindo-os por caracteres de similaridade. Pela agregação dos dados, foram formados cinco grupos de produtos, mas apenas um grupo, composto por um total de 59 SKUs (*Stock Keeping Units*) com representatividade de 70% de todo o volume de vendas da empresa, será analisado por este estudo. Os dados quantitativos referem-se a uma região geográfica específica, que abrange os mesmos clientes varejistas, não alterados durante o período do estudo.

Resultados de pesquisa anterior com o mesmo grupo de produtos em análise demonstraram que as redes neurais *feedforward* treinadas com algoritmo de Levenberg-Marquadt representam o modelo de previsão de demanda de maior acurácia (Veiga, Veiga & Duclós, 2009, Veiga et al., 2012). Diante disso, para a série temporal histórica em análise, foram comparados os resultados obtidos por esse método de previsão e pelo modelo utilizado pela empresa com os valores reais da demanda, a fim de avaliar a acurácia de cada metodologia.

Para a aplicação das redes neurais artificiais (Haykin, 2001), foi utilizado o *software* MATLAB® 2011 na implementação das rotinas computacionais de estimação dos modelos. A habilidade de uma RNA em realizar previsões sobre determinada série temporal ou reconhecer padrões em um conjunto de dados provém de sua capacidade de aprendizado sobre o ambiente no qual está inserida (Haykin, 2001). O problema do aprendizado consiste em encontrar, por meio de um processo iterativo (em que cada entrada provoca uma resposta) e iterativo (reiterado), um conjunto de parâmetros livres que possibilite à rede o desempenho desejado. O processo para a configuração da melhor rede, assim como seu treinamento e validação encontram-se ilustrados nas Figuras 4 e 5.

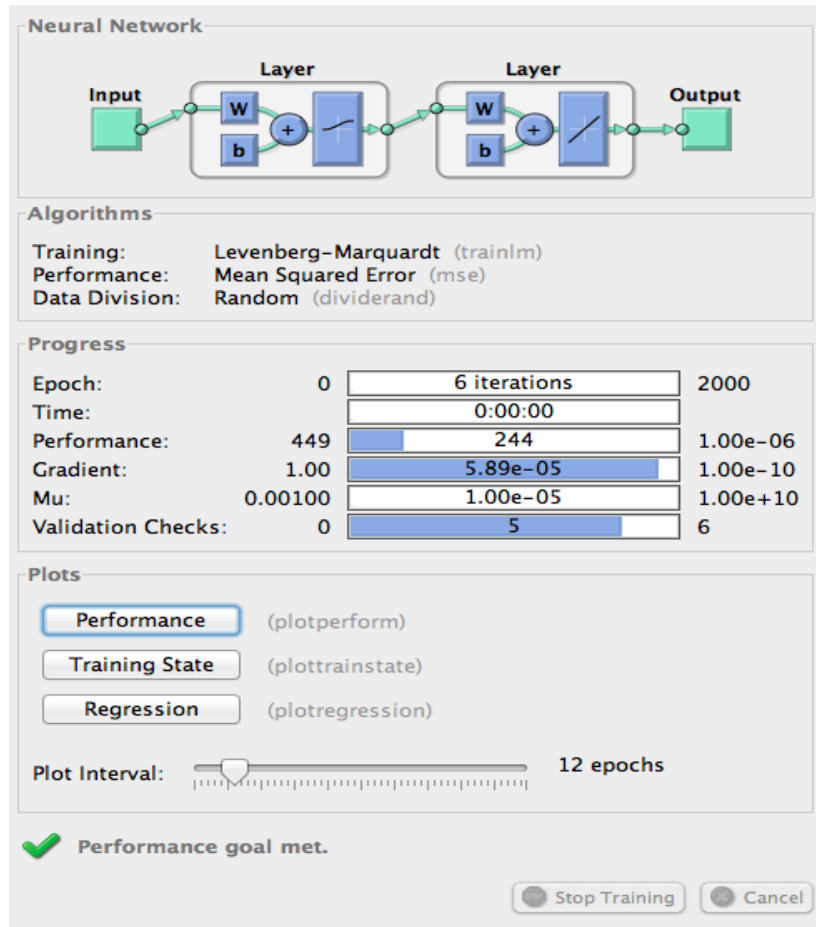


Figura 4: Configuração da melhor rede da RNA com base no MAPE

Fonte: Os autores, utilização do *software* MATLAB® 2011

Para a previsão de demanda realizada pela RNA, foram utilizadas as séries atrasadas em 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 e 48 meses, seguindo-se uma ordem lógica de descarte dos piores resultados. Para cada experiência, foi estabelecida uma nova análise para obtenção da melhor configuração por meio de testes com diferentes números de neurônios na camada intermediária. A adequação do modelo aos dados foi avaliada pela análise dos resíduos, parâmetro também utilizado para a escolha da melhor rede, conforme demonstrado na Figura 5. Para os produtos da série temporal aplicada, foram considerados cinco neurônios e oito atrasos. Essa configuração foi selecionada com base no melhor resultado do MAPE (Erro Percentual Absoluto Médio).

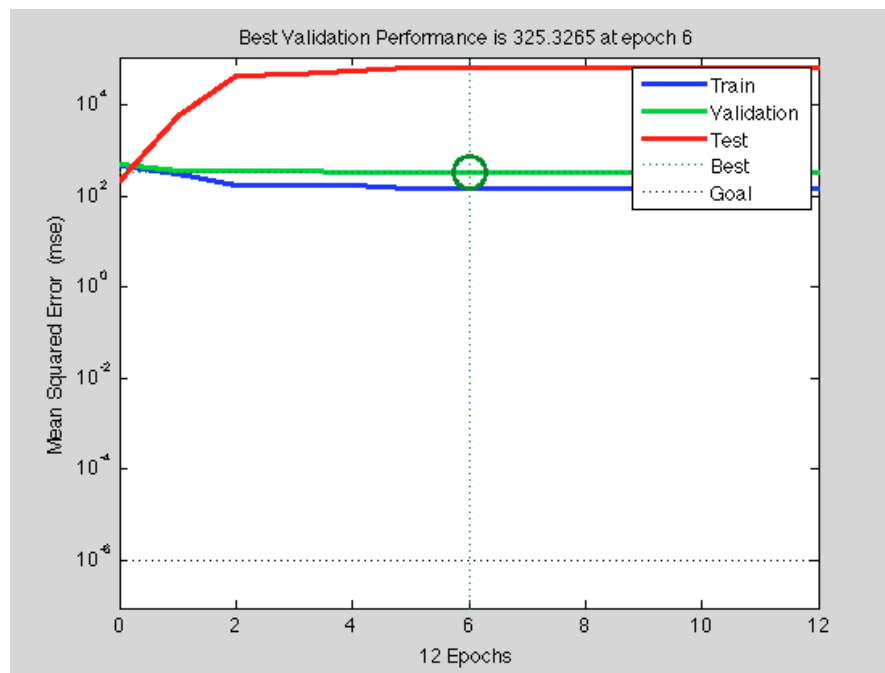


Figura 5: Treinamento e validação da melhor rede para a previsão por RNA

Fonte: Os autores, utilização do *software* MATLAB® 2011

A seleção dos parâmetros para a RNA e a acurácia da previsão de demanda foram medidas pela diferença entre a previsão para o período t e a demanda real no período t (Chopra & Meindl, 2003). Assim como em outros trabalhos científicos (Swanson & White, 1997; Chu & Zhang, 2003; Pao, 2006; Chen, 2011), a acurácia e a seleção dos parâmetros da RNA foram operacionalmente calculadas com base no menor (MAPE), expresso matematicamente pela Equação 1:

$$MAPE_n = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{E_t}{D_t} \right|}{n} \cdot 100 \quad (1)$$

$|E_t|$ = valor absoluto do erro no período t ;
 $|D_t|$ = valor absoluto de demanda real no período t ;
 n = todos os períodos.

Em uma segunda etapa, foi utilizado o índice de responsividade como indicador do nível de serviço oferecido ao consumidor, assim como do custo de oportunidade em resposta à demanda. A responsividade de atendimento da demanda pode ser definida como o percentual da demanda satisfeita diretamente no ponto de venda durante um ciclo de reabastecimento (Zeng, 2000). O índice de responsividade de atendimento da demanda também é denominado de *fill rate* (FR) e foi calculado como demonstrado na Equação 2:

$$FR = 1 - \frac{\text{número de stockouts esperados por ciclo}}{\text{número de unidades exigidas por ciclo}} \quad (2)$$

Para finalizar, em uma terceira etapa, foram analisados o desempenho ambiental e econômico que poderia ser obtido pela utilização do modelo de previsão de maior acurácia. O desempenho econômico é dependente da diferença entre as possíveis receitas e custos (Lima, 2003). Dessa forma, o desempenho econômico foi mensurado neste trabalho como custo de oportunidade através do *fill rate*, expresso matematicamente conforme descrito pela Equação 3. Os desempenhos ambiental e social, por sua vez, foram analisados qualitativamente pela relação causal descrita no mapa estratégico recortado da Figura 1.

$$FR = 1 - \frac{\alpha G_{\mu}(K)}{Q} \quad (3)$$

μ = média;
 α = desvio padrão;
 K = fator de segurança;
 $\alpha G_{\mu}(K)$ = função de unidade padrão perdida (*stockout*);
 Q = pedido quantitativo.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para atender aos objetivos propostos por este estudo, a análise dos resultados encontra-se dividida em duas subseções. Inicialmente apresenta-se o resultado da acuracidade da previsão de demanda como uma ferramenta estratégica de sustentabilidade. Neste trabalho, o desempenho social será abordado em relação ao trato com consumidores e clientes, pois faz parte das atribuições de uma empresa sustentável promover ações que melhorem a credibilidade, a eficiência e a segurança de produtos e serviços. Em seguida, são descritas as relações causais qualitativas entre o desempenho econômico, ambiental e social.

4.1 DESEMPENHO ECONÔMICO

Na Figura 2, é ilustrada a representação gráfica dos resultados obtidos pela aplicação dos modelos de previsão nos dados históricos de volume de vendas, no período entre agosto de 2009 a agosto de 2012. O ajuste da previsão foi realizado no período de agosto de 2009 a agosto de 2011 com a finalidade de projetar a previsão de demanda para o período de setembro de 2011 a agosto de 2012.

A demanda real no período de setembro de 2011 a agosto de 2012 foi de 1.339,55 toneladas; a projetada pela previsão da empresa, de 1.215,67 toneladas e pela RNA, 1.287,52 toneladas.

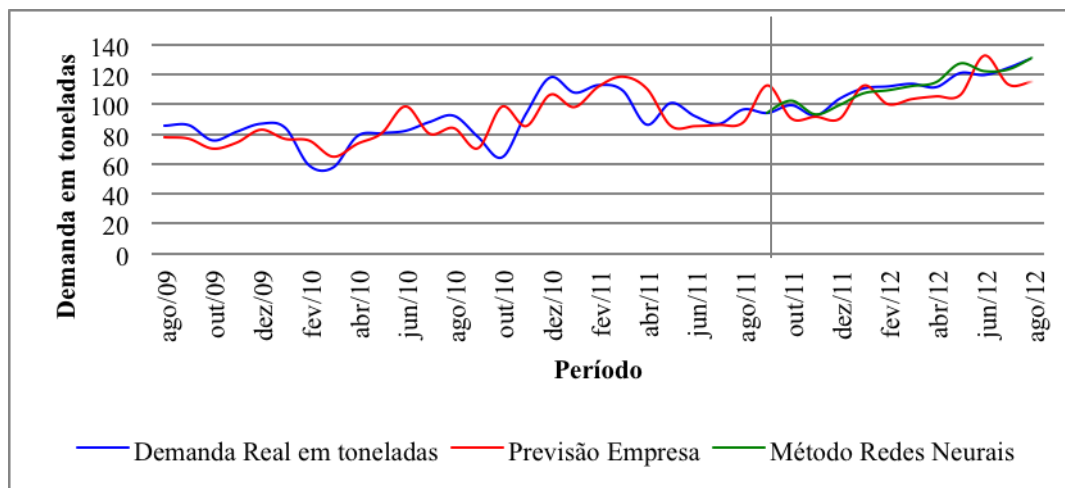


Figura 2: Comparação da demanda real com os resultados obtidos pela aplicação do modelo de previsão utilizado pela empresa e pela RNA *feedforward* treinadas com algoritmo de Levenberg-Marquadt

Fonte: Dados de pesquisa

Pela Tabela 1, percebe-se que o modelo de previsão adotado pela empresa obteve um atendimento de demanda (FR) de 90,75%. No modelo RNA, o nível de atendimento seria de, aproximadamente, 96,12% considerando-se situações regulares do mercado.

Tabela 1: Análise *fill rate* para o modelo de previsão da empresa e para a RNA em comparação com a demanda real

Demanda real (t)	Previsão da Empresa						Previsão RNA				
	Toneladas	Erro (t)	Fill rate %	R\$ valor por kg	perda de faturamento	MAPE	Toneladas	Erro (t)	Fill rate %	perda de faturamento	MAPE
1.339,52	1.215,67	123,85	90,75	6,51	806,263	9,03	1.287,52	52	96,12	338,52	7,38

Fonte: Dados de pesquisa

Na Tabela 1, também é demonstrada a influência dos erros de previsão de demanda no desempenho econômico da empresa em estudo. Para o grupo de produto

analisado, a empresa deixa de abastecer o mercado em 123,85 toneladas. Ao tomar-se como base o preço médio dos produtos de R\$6,51/kg, o erro de previsão de demanda corresponde a uma perda aproximada de faturamento na ordem de R\$806.263,50 ao ano. A utilização do modelo RNA, por sua vez, ocasionaria um desempenho econômico superior aproximado de R\$467.740,00 (anual) no período total de análise para a empresa em estudo. Este valor é a diferença entre a perda de faturamento entre os dois modelos analisados.

Uma previsão de demanda acurada proporciona eficiência na utilização dos recursos, melhorias na responsividade ao cliente e redução das “perdas” por *overstock* e *stock out* na cadeia de suprimentos. Esta ferramenta estratégica de sustentabilidade melhora o atendimento da demanda, com consequentes ganhos ambientais e sociais, conforme detalhado na subseção seguinte.

4.2 DESEMPENHO SOCIAL E AMBIENTAL

No contexto social e ambiental, um sistema de previsão de alta acurácia é uma ferramenta que possibilita atender à demanda com máximo nível de serviço e custo mínimo de inventário. O varejo, frequentemente, compra muito pouco de alguns produtos, o que resulta em perda de vendas e de margem de lucro, e muito de outros itens, o que gera excesso de inventário. Nesse âmbito, a previsão tenta calcular e prever uma circunstância futura providenciando a melhor avaliação da informação comercial, ou seja, permite aumentar a responsividade ao cliente sem comprometer a empresa com retornos significativos de produtos vencidos e não vendidos nos pontos de vendas.

No contexto social, uma previsão de demanda de alta acurácia aumenta a credibilidade, a eficiência e a segurança dos produtos ofertados. Essa ferramenta evita o *overstock* e suas consequências: (i) permanência do produto vencido na prateleira por descuido do varejo e a (ii) depreciação da marca pelo estabelecimento de um mercado paralelo de produtos próximos à expiração da data de validade. Nesse mesmo sentido, a previsão de demanda como ferramenta estratégica de sustentabilidade pode evitar a substituição da marca no ponto de venda, seja pela segurança na qualidade do produto disponibilizado, seja por evitar o *stock out* e o não atendimento da demanda.

No contexto ambiental, uma previsão de demanda de alta acurácia proporciona redução na produção de resíduos sólidos, que está associada à prevenção e ao controle dos riscos e prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente. Devido às atuais restrições na disponibilidade de recursos não renováveis e das limitações no destino final do lixo, a redução da formação de resíduo sólido representa um importante indicador de desenvolvimento sustentável. Além disso, os resíduos sólidos representam um problema

econômico para todas as partes da cadeia de suprimentos devido à ruptura das operações e desgastes ocasionados pelo movimento reverso do produto. No varejo de alimentos, o responsável pelo gerenciamento do resíduo é o fornecedor (indústria/distribuidor), que indeniza o varejo com a restituição em produtos idênticos com nova data de validade ou pagamento de uma nota fiscal de devolução. O produto retornado, por sua vez, pode ser eliminado de diversas maneiras, desde a utilização de aterro sanitário até a incineração fechada.

Em geral, pode-se dizer que o processo de gerenciamento de resíduos sólidos representa um custo para o fornecedor, seja pelo valor das indenizações pelos gastos com a eliminação do produto vencido e pelo custo de oportunidade do produto retornado que não foi vendido, seja até mesmo por sua total ruptura no varejo. Um sistema de previsão de alta acurácia gera excelência operacional na organização, o que ocasiona excelência no desempenho ambiental e em sua competitividade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi analisar a previsão de demanda como uma ferramenta estratégica de sustentabilidade aplicada a uma PME brasileira, descrevendo, ao mesmo tempo, as vantagens sociais, ambientais e econômicas decorrentes da implementação desse processo. Os resultados deste estudo demonstram que o desempenho econômico das empresas é afetado pelo desempenho ambiental por diversos caminhos. Quando a organização aumenta a acuracidade da previsão e a responsividade da demanda, ocorre minimização na formação dos resíduos e redução dos custos operacionais. Nesse sentido, o desempenho econômico é alcançado pela possibilidade de atender à demanda com máximo nível de serviço e custo mínimo de inventário. Quando o desempenho ambiental da empresa aumenta, ela adquire vantagem de mercado, o que gera maior receita e novas oportunidades de crescimento.

O componente social do 3BL foi pouco estudado até o momento para as PMEs já que a maioria dessas organizações considera que ações de responsabilidade social acarretam elevados custos, principalmente dentro de uma perspectiva de curto prazo. Por esse motivo, este trabalho avaliou o desempenho social da empresa em estudo apenas dentro de uma análise qualitativa e por correlações causais com os demais parâmetros em estudo.

De uma forma geral, este estudo demonstrou que a previsão de demanda se enquadra nos conceitos da VBRN/3BL já que representa uma ferramenta de antecipação estratégica com foco em parâmetros sociais, ambientais e econômicos. A previsão de demanda proporciona eficiência na utilização dos recursos, melhorias na responsividade do cliente e evita “perdas” por *stock out* e por *overstock* na cadeia de suprimentos. Além

desse ganho econômico, a previsão de demanda reduz a quantidade de resíduos gerados pelo vencimento de produtos no varejo e melhora o atendimento da demanda, com consequentes ganhos ambientais e sociais. Como se trata de uma ferramenta customizada, dependente do produto, da empresa e de variações intrínsecas ao mercado, a antecipação de informações sobre a demanda e sobre a necessidade produtiva da empresa representam uma importante fonte de vantagem competitiva.

Como desvantagens, o novo modelo de previsão da demanda requisitaria investimentos na aquisição do *software* e no treinamento de funcionários. Nesta circunstância, a empresa deve analisar se a modificação no sistema de previsão é viável financeiramente. Ao avaliar as características do mercado de alimentos (alta sazonalidade e uso frequente de atividades promocionais), características dos produtos (alta perecibilidade e ciclo de vida curto) e características do processo (exigência de alto *lead time* e restrição de capacidade produtiva), o sistema de previsão de demanda mostra-se não só viável, como também necessário para o planejamento estratégico e competitivo em uma empresa distribuidora de alimentos.

Com relação ao método de previsão empregado, estudos no varejo brasileiro demonstram que as Redes Neurais podem prever as vendas de produtos no curto prazo com maior precisão do que as técnicas *naïve* não ajustadas e de regressão linear, que representam os modelos mais frequentemente utilizados pelas organizações (Almeida & Passari, 2006). Geralmente, as PMEs brasileiras não utilizam nenhum modelo de previsão de demanda para avaliar a informação comercial disponível. Quando as PMEs adotam técnicas de previsão, estas são incorporadas essencialmente a metodologias lineares devido ao baixo custo, simplicidade e praticidade do processo. Como esses modelos geralmente não identificam a relação complexa entre os dados, os resultados podem ser insatisfatórios ao não condizerem com um nível adequado de acuracidade.

Diante das limitações deste estudo, sugerem-se novas pesquisas investigativas com ferramentas gerenciais e modelos de previsão de demanda baseados em computação natural (Castro, 2006) e que possam ser utilizadas para a GCSS, com destaque para sua aplicabilidade na PME brasileira. Além disso, as pesquisas futuras poderiam envolver questões ligadas a sustentabilidade para diferentes dimensões, empresas, setores e países.

REFERÊNCIAS

- Acar, Y. & Gardner, J. E. S. (2012). Forecasting method selection in a global supply. *International Journal of Forecasting*, Turquia, doi:10.1016/j.ijforecast.2011.11.003, 28(4), 842-848.

- Almeida, F. C. & Passari, A. F. (2006) Previsão de vendas no varejo por meio de redes neurais. *Revista de Administração*, 41(3), 257-272.
- Angelo, C. F., Zwicker, R., Fouto, N. M. M. D. & Luppe, M. R. (2011). Séries temporais e redes neurais: uma análise comparativa de técnicas na previsão de vendas do varejo brasileiro. *Brasilian Business Review*, 8(2), 1-21.
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.
- Buytendijk, F., Hatch, T. & Micheli, P. (2010). Scenario-based strategy maps. *Business Horizons*, 53(4), 335-347.
- Castro, L. N. (2006). Fundamentals of natural computing: an overview. *Physics of Life Reviews*, 4(1), 1-36.
- Chen, K-Y. (2011) Combining linear and nonlinear model in forecasting tourism demand. *Expert Systems with Application*, Taiwan, doi:10.1016/j.eswa.2011.02.049, 38(8), 10368-10376.
- Chopra, S. & Meindl, P. (2003). *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações*. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Chu, C-W & Zhang, G. P. (2003). A comparative of linear and nonlinear models for aggregate retail sales forecasting. *International Journal of Production Economics*, 86(3), 217-231.
- Coelho, L. S., Santos, A. A. P., Costa Jr, N. C. A. (2008). Can we forecast Brazilian exchange rates? Empirical evidences using computational intelligence and econometric models. *Gestão e Produção, Brasil*, 15(3), 1-14.
- Dias, S. R. (1993). *Estratégia e canais de distribuição*. São Paulo: Atlas.
- Epstein, M. J. & Wisner, P. S. (2001). Using the balanced scorecard approach to implement sustainability. *Environmental Quality Management*, 11(2), 1-10.
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks*. United Kingdom: Capstone.
- Gladwin, T. N., Kennelly, J. J. & Krause, T-S. (1995). Shifting paradigms for sustainable development: implications for management theory and research. *Academy of Management Review*, 20(4), 71-88.

- Gupta, S. & Palsule-Desai, O. D. (2011, December). Sustainable supply chain management: review and research opportunities. *IIMB Management Review*, 23(4), 234-245.
- Haykin, S. (2001). *Redes neurais: princípios e prática* (2a ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Häner, C. (2011). *SMEs in turbulent times – a comparative analysis between Argentina, Brazil and European countries*. Master Thesis (International Business Administration) – Wiesbaden Business School, Germany.
- Hart, S. L. (1995). A natural-resource-based view of the firm. *Academy of Management Review*, 20(4), 986-1014.
- Kuo, R. J. & Xue, K. C. (1999, December). Fuzzy neural networks with application to sales forecasting. *Fuzzy Sets and Systems*, 108(2), 123-143.
- Lee, S.-Y. (2008). Drivers for the participation of small and medium-sized suppliers in green supply chain initiatives. *Supply Chain Management: An International Journal*, 13(3), 185-198.
- Lemme, C. F. (2010). O valor gerado pela sustentabilidade corporativa. In D. Zylberstajn & C. Lins, *Sustentabilidade e geração de valor: a transição para o século XXI*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Levis, A. A. & Papageorgiou, G. (2005). Customer demand forecasting via support vector regression analysis. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A8), 1009-1018.
- Lima, M. (2003). Estoque: custo de oportunidade e impacto sobre os indicadores financeiros. Recuperado em 14 de junho de 2013, de <<http://www.ilos.com.br>>.
- Mazur, E. (2012). Green transformation of small business: achieving and going beyond environmental requirements. *OECD Environmental Working Papers*, n. 47, 1-50.
- Meijden, V. D. L. H., Nunen, J. A. E. E. V. & Ramondt, A. (1994). Forecasting: bridging the gap between sales and manufacturing. *International Journal Production Economics*, 37(1), 101-114.
- Moore, S. B. & Manring, S. L. (2009). Strategy development in small and medium sized enterprises for sustainability and increased value creation. *Journal of Cleaner Production*, 17, 276-282.

- Pao, H-T. (2006). Comparing linear and nonlinear forecasts for Taiwan's electricity consumption. *Energy, Taiwan*, 31, 2129-2141.
- Price, D. H. R. & Sharp, J. A. (1985). Investigation of the impact of changes in demand forecasting method on the financial performance of an electricity supply undertaking. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 7(3), 131-137.
- Romualdo, L. C. S., Baptista, E. & Vieira, D. R. (2010, Março/abril). Sistema Fuzzy-Expert: para previsão de séries temporais no supply chain. *Logística e Supply Chain Management, Brasil*, 15, ano III, 74-82.
- Sarkis, J. (2012). A boundaries and flows perspective of green supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(1), 2012-216.
- Swanson, N. R. & White, H. (1997). Forecasting economic time series using flexible versus fixed specification and linear versus nonlinear econometric models. *International Journal of Forecasting, United States*, 13, 439-461.
- Terasvirta, T., Dijk, D. van & Medeiros, M. C. (2005). Linear models, smooth transition auto regressions, and neural networks for forecasting macroeconomic time series: a re-examination. *International Journal of Forecasting, Sweden*, 21, 755-774.
- Teece, D. J., Pisano, G. & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Vachon, S. & Mao, Z. (2008, October). Linking supply chain strength to sustainable development: a country-level analysis. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1552-1560.
- Veiga, C. P. (2009). *Análise de métodos quantitativos de previsão de demanda: estudo comparativo e desempenho financeiro*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Brasil.
- Veiga, C. R. P., Veiga, C. P. & Duclós, L. C. (2010). The accuracy of demand forecasting models as critical problem to financial performance in the food industry. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies, Brazil*, 2(2), 81-104.
- Veiga, C. P., Veiga, C. P., Vieira, G. E. & Tortato, U. (2012). Impacto financeiro dos erros de previsão: um estudo comparativo entre modelos de previsão lineares e redes neurais aplicados na gestão empresarial. *Produção Online*, 12, 629-656.

- Voss, C., Tsikriktsis, N. & Frohlich, M. (2002). Case research in operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 195-219.
- Xie, J., Lee, T. S. & Zhao, X. (2004). Impact of forecasting error on the performance of capacitated multi-item production systems. *Computers & Industrial Engineering*, 46, 205-219.
- Wu, Z. & Pagell, M. (2011). Balancing priorities: decision-making in sustainable supply chain management. *Journal of Operations Management*, 29(6), 577-590.
- Yin, R. (1987). *Case study research: design and methods*. Beverly Hills: Sage Publications.
- Yokum, J. T. & Armstrong, J. S. (1995). Beyond accuracy: comparison of criteria used to select forecasting methods. *International Journal of Forecasting*, United States, 11, 591-597.
- Zailani, S., Jeyaraman, K., Vengadasan, G. & Premkumar, R. (2012). Sustainable supply chain management (SSCM) in Malaysia, a survey. *International Journal Production Economics*, doi:10.1016/j.ijpe.2012.02.008, 14(1), 330-340.
- Zeng, A. Z. (2000). Efficiency of using fill-rate criterion to determine safety stock: a theoretical perspective and a case study. *Production and Inventory Management Journal*, United States, 41(2), 41-44.
- Zorpas, A. (2010). Environmental management systems as sustainable tools in the way of life for the SMEs e VSMEs. *Bioresource Technology*, 101(6), 1544-1557.
- Zotteri, G., Kalchschmidt, M. & Caniato, F. (2005). The impact of aggregation level on forecasting performance. *International Journal of Production Economics*, 93-94(8), 479-491.
- Zylbersztajn, D. & Lins, C. (2007). *Sustentabilidade e geração de valor: transição para o século XXI*. Rio de Janeiro: Elsevier.