

Qual o impacto da Colaboração no Desempenho de Redes Globais de Suprimento sob a ótica da Teoria das Restrições?

SERGIO MATOS DOS SANTOS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP)

Qual o impacto da Colaboração no Desempenho de Redes Globais de Suprimento sob a ótica da Teoria das Restrições?

Resumo

A colaboração nas redes de suprimentos entre firmas independentes geralmente oferece maiores benefícios de satisfazer efetivamente as necessidades dos clientes finais do que trabalhar isoladamente. No entanto, a falta de consciência sobre a existência de restrições ao longo da cadeia de suprimentos impede que os benefícios da colaboração sejam plenamente realizados. Este artigo objetiva aplicar a abordagem da Teoria de Restrições para superar as dificuldades em perceber os benefícios potenciais da colaboração de uma rede de suprimentos.

Especificamente, mostra como a abordagem da teoria de restrições pode ser usada para expor um dilema inerente de colaboração e estabelecer políticas de reposição colaborativa e métricas de desempenho colaborativo para que os membros da rede de suprimentos possam trabalhar juntos para avançar na lucratividade da rede. O restante deste artigo estabelece uma metodologia pela qual tais restrições podem ser identificadas, apresenta uma classificação de restrições encontradas como típicas em tais sistemas e conclui com a proposição de um modelo teórico que aborda variáveis de colaboração e desempenho.

Abstract

Collaboration in supply networks amongst independent firms often offers greater benefits like effectively meeting the end customers' needs than working in isolation. However, a lack of awareness of constraints along the supply chain prevents the benefits of collaboration from being fully realized. This article aims to apply the Theory of Constraints (TOC) approach to overcome the difficulties in realizing the potential benefits of collaboration from a supply chain.

Specifically, it shows how the TOC approach can be used to expose an inherent collaborative dilemma and establish collaborative replenishment policies and collaborative performance metrics so that members of the supply network can work together to advance network profitability. The rest of this article establishes a methodology by which such restrictions can be identified, presents a classification of constraints found as typical in such systems and concludes with the proposition of a theoretical model that addresses collaboration and performance variables

Palavras-chave: Redes de Suprimento, teoria das restrições, competitividade

1. Introdução

O universo das organizações atualmente é mais complexo e competitivo e para alcançar uma posição de destaque neste contexto, as organizações não precisam apenas olhar para as empresas individuais, mas principalmente olhar para os seus papéis nas redes (WANG; LIANG; XUE, 2014). Segundo Wang et al. (2014), a competição acontece entre redes dentro de um mesmo país e, também internacionalmente, tornando a inovação um aspecto importante de especial atenção e isso pode representar uma competitividade menor ou maior dentro de redes de negócios interorganizacionais.

Outros fatores com impacto relevante nas cadeias de suprimentos são a evolução das tecnologias e os efeitos da globalização agregando novas variáveis a serem incorporadas nas discussões teóricas. A busca contínua por melhorar a velocidade de entrega de produtos ou serviços para o cliente final está sendo uma das razões para o desenvolvimento de novas ferramentas de gestão e preocupações com a otimização de processos e, finalmente, o papel de todos os envolvidos no ambiente empresarial está sendo desafiado (RUEY-JER, RUDOLF, SINKOVICS; DAEKWAN, 2016).

Considerando uma série de fatores desafiadores, atualmente é necessário que todas as organizações envolvidas nas redes sejam capazes de responder rapidamente à alta frequência de mudanças de situação (GLIGOR e HOLCOMB, 2014). Essas situações estão definitivamente relacionadas a novos e complexos ciclos de desenvolvimento de produtos observados nos mercados (Kampstra, Ashayeri e Gattorna, 2005). Além disso, essa resposta deve ser feita de maneira que seja eficiente e eficaz (GLIGOR, HOLCOMB E STANK, 2013).

O gerenciamento de tais redes requer de todos os atores envolvidos abordagens que possam lidar com coordenação, colaboração, delegação e monitoramento, porque as abordagens metodológicas existentes podem ser consideradas, às vezes, inadequadas à realidade do novo ambiente de negócios (BELLAMY E BASOLE, 2013). Segundo Musa et al. (2014), um aspecto que poderia ser explorado pelas organizações como um diferencial poderia ser a visibilidade de ponta a ponta do produto na rede de suprimento. Esse aspecto pode representar mais capacidade de segurança do produto, controle de processos e otimização em muitos setores industriais.

Uma das ferramentas para busca de solução de problemas de suprimento é a chamada Teoria das Restrições ou TOC (Theory of Constraints). A TOC é um método sistemático desenvolvido por Elihayu M. Goldratt, sendo uma filosofia de gestão focada no anel mais frágil da cadeia do sistema. Esta teoria foi originalmente usada para o processo de produção, mas é amplamente utilizada em muitas disciplinas hoje em dia (ŞİMŞİT, GÜNAY e VAYVAY, 2014). Um exemplo do uso da TOC é reduzir o efeito chicote (pequenas mudanças na demanda do consumidor que podem resultar em grandes variações nos pedidos feitos a montante) em uma rede de suprimento. Costas et al. (2015) demonstraram os fenômenos usando simulação. Eles compararam a política usando o princípio TOC e o método tradicional.

A fim de reduzir o efeito chicote e o custo, a TOC se concentra em melhorar a cadeia mais fraca (gargalo). Recentemente, Golmohammadi (2015) aplicou a filosofia TOC para resolver o problema de programação de produção. Uma maneira inovadora de lidar com problemas de restrição e gargalos é fundamental para que as organizações atinjam suas metas e competitividade. Apesar de seu amplo uso, o problema da restrição se torna o principal obstáculo para atingir as metas da maioria das organizações. Portanto, o objetivo da TOC é livrar-se das restrições por melhoria contínua. A TOC usa o processo de causa e efeito para encontrar as causas e melhorar o sistema (WATSON, BLACKSTONE E GARDINER 2007).

Nos últimos anos, há diversas publicações relacionadas à TOC buscando analisar sua aplicação a redes de suprimento a partir de diferentes ângulos. Por exemplo, Finch e Luebbe

(2000) compararam e contrastaram a programação linear com a TOC, e afirmaram que os objetivos da TOC vão além do escopo dos objetivos da programação linear, porque a TOC pode fornecer uma maneira efetiva de melhoria contínua. Bhattacharya, Vasant, Sarkar e Mukherjee (2008) propuseram uma abordagem inteligente homem-máquina usando programação linear *fuzzy* para resolver o problema do mix de produtos TOC com a consideração do nível de satisfação do tomador de decisão. Bhardwa, Gupta e Kanda (2010) explicaram os passos para implementar o conceito de tambor-pulmão-corda (DBR do inglês *Drum-Buffer-Rope*) da TOC para planejar e controlar a produção em algumas situações práticas de manufatura.

Gupta, Chang, Tsai e Li (2010) estudaram três ambientes especiais de *job shop* e sugeriram algumas soluções de melhoria para o sistema TOC simplificado DBR (SDBR). Gupta e Andersen (2012) usaram uma pequena empresa simultânea para mostrar como a taxa de transferência dólar-dias e o estoque dólar-dias podem ser usados para melhorar o processo em um sistema DBR. Tsou (2013) usou três técnicas de mineração de dados séries temporais, teste de razão de probabilidade sequencial, gráfico CUSUM e teste de regressão automática, para detectar o momento da mudança na demanda do mercado e propôs uma metodologia sistemática para ajustar dinamicamente o nível de inventário alvo da colaboração da rede de suprimento à perspectiva da TOC.

Este trabalho, visando complementar a literatura a respeito das relações entre as Redes de Suprimento e a Teoria das Restrições, procura desenvolver um modelo teórico que evidencie as relações entre a variável Colaboração e as variáveis Fornecimento, Produção e Escoamento em uma rede de Suprimentos. A partir desse modelo, são desenvolvidas proposições visando a demonstração de causa-efeito a partir da implementação da Teoria das Restrições.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Redes de suprimento

As redes de suprimento podem ser entendidas como um sistema de organizações interconectadas cuja finalidade principal é comprar, usar ou transformar recursos para oferecer a seus clientes finais diversos produtos e serviços. As redes de suprimento consistem em um grupo de cadeias de suprimentos interconectadas com uma estrutura bem organizada que estabelece relações em duas direções: a montante e a jusante (HARLAND, 1996). Em outras palavras, redes de suprimento podem ser definidas como conjuntos de cadeias de suprimento, responsáveis por controlar e estabelecer o fluxo de bens e serviços de fontes originais para clientes finais (HARLAND, 1996).

Esse cenário impõe novas demandas para as empresas, como um maior portfólio de produtos e serviços, pontos de atendimento em áreas geográficas cada vez mais distantes e, principalmente, a realização de parcerias para atender a essas demandas (ZINN, 2012).

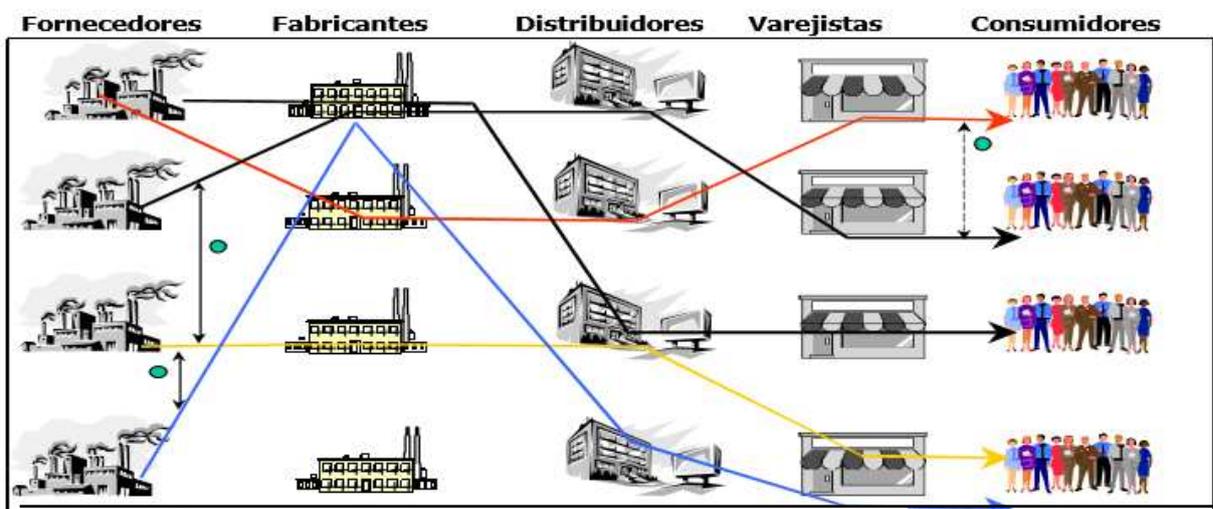
Evidências adicionais foram encontradas apoiando a idéia de que estruturas de rede e relacionamentos que formam redes de suprimento são componentes relevantes para identificar fatores estratégicos na gestão de cadeias de suprimentos, como a posição de empresa central ou o nível de influência sobre outros participantes (BORGATTI, LI, 2009, KIM ET AL., 2011). No estudo de Bellamy, Ghosh e Hora (2014), são examinadas as características estruturais da rede de suprimentos para investigar a relação entre acesso e conectividade entre as empresas envolvidas, e se essa integração pode ser considerada como fonte de inovação. Além dos benefícios operacionais, a rede de fornecimento da empresa também é vista como uma fonte de inovação.

Por exemplo, a globalização acelerada nos anos 1990 e 2000 investigou o surgimento das Redes Globais de Suprimento, abrangendo várias organizações e países, levando à

pesquisa de redes internacionais de subcontratação em diferentes setores da indústria, como vestuário e calçados, eletrônicos, bens de consumo e automóveis. sistemas de montagem e agro-alimentares (JEFFREY ET AL., 2014).

A Figura 1 mostra um modelo de redes de suprimentos com seus vários componentes e conexões entre as cadeias existentes. Pode-se notar que uma empresa mantém vínculos com fornecedores que fazem parte de uma ou mais cadeias de suprimentos, da mesma forma que a empresa fornece produtos ou serviços para clientes intermediários (distribuidores e revendedores), que podem fazer parte de uma ou mais redes de distribuição, além da empresa, eventualmente, também fornecer produtos e serviços diretamente aos clientes finais. Essas cadeias podem ser cadeias fisicamente próximas ou globalizadas, com presença em diferentes regiões ou países.

Figura 1 – Exemplo de Rede de Suprimento



Fonte: Vollmann e Cordon, 1996.

Devido à evolução das relações entre organizações, ao avanço da tecnologia e à crescente complexidade das relações dentro e fora das redes de suprimentos, novas estruturas de rede surgiram e hoje, pode-se verificar o surgimento de estudos publicados na literatura acadêmica, abordando um conceito denominado Redes de Suprimentos Inteligentes.

Esse é um conceito relativamente novo que vem ganhando força na literatura, devido ao fato da interação das redes de suprimentos ser cada vez mais baseada em tecnologias. Uma das tecnologias que está surgindo como condição para conectar objetos inteligentes é denominada IoT (Internet of Things). Usando IoT, mas não limitado a ela, a rede de suprimentos inteligentes pode ser definida como um sistema empresarial integrado que pode oferecer aplicações para a cadeia de fornecimento e pode ser entendido como uma rede complexa usando implementações sistemáticas inteligentes, interagindo com infraestruturas inteligentes, produtos inteligentes, máquinas inteligentes e interconectadas, que podem fornecer comunicações em tempo real em todas as etapas da rede de suprimento em um processo inteligente e rápido (WU; YUE; JEN; YEN, 2016).

Ao analisar a aplicação da IoT nas empresas, alguns autores como Ferreira, Martinho e Domingos (2012), explicam que a gestão da rede de suprimento é a principal área que pode se beneficiar da IoT. Para esses autores, ao conectar sensores a objetos, eles se tornam objetos inteligentes, que podem capturar, por exemplo, informações de contexto e fornecer informações que permitem adaptações e decisões em tempo real e permitem a execução de

processos de negócios. Domingos, Martins e Cândido (2013) corroboram com Ferreira et al. (2012) explicando que a IoT pode ser entendida como uma vantagem competitiva, uma vez que a informação de contexto pode ser usada para permitir e otimizar a adaptação em tempo real às mudanças no ambiente. Neste contexto, o significado pode ser expandido para uma rede mundial de objetos inteligentes conectados, que são sensíveis ao contexto e podem ser identificados, detectados e controlados remotamente usando sensores e atuadores (HEPPELMANN, 2014).

Um exemplo de rede de fornecimento inteligente é a cadeia de produção e distribuição de alimentos se considerarmos o uso de IoT, percebendo que a virtualização de tecnologias de Internet também pode ser usada de maneira dinâmica, se quisermos gerenciar operações dentro das cadeias de fornecimento de alimentos (SAGUY ET AL., 2013; PORTER E HEPPELMANN, 2014; VERDOUW et al, 2015). De acordo com esse cenário, as cadeias de suprimento de alimentos podem ser monitoradas, controladas, planejadas e otimizadas remotamente e em tempo real usando a Internet, considerando objetos virtuais em vez de observação no local.

Outra inovação em tecnologia que surgiu e que pode trazer grandes impactos na área de logística, em particular e, das redes de suprimento, em geral, é o conceito de *Big Data*.

Trata-se de um conjunto elevado de informação que precisa estar acessível para ajudar as empresas no direcionamento dos seus negócios. Esses dados gerados, quando desconexos não representam muita coisa. Mas, quando relacionados entre si, geram informações importantes para as empresas. Com elas, é possível monitorar os processos do início ao fim – desde o pedido do cliente, quantidade de matéria-prima, tempo de produção e entrega, até que o produto chegue no local solicitado. O *Big Data*, pode disponibilizar estes, e outros dados relacionados, para traçar um comportamento de consumo, mix de produtos mais requisitados, épocas do ano e região que mais consomem.

Pode-se também fazer análises preditivas das tendências de consumo. Com essa tecnologia pode ser possível obter: (1) Redução de custos, pois a solução permite cruzar os dados e identificar as atividades que apresentam gargalos. Com o *Big Data*, assim que o produto sair do estoque, a equipe de compras será informada e logo poderá fazer um novo pedido. É possível também controlar o custo de todas as etapas de produção e transporte de mercadorias, permitindo a otimização das rotas e atividades para reduzir o consumo de combustível e o tempo parado no trânsito; (2) Eficiência e previsibilidade de produtos, por controlar o fluxo das operações de ponta a ponta, ao conhecer o tempo exato entre o recebimento do material e a finalização de produção, é possível identificar melhor o volume de produtos que pode oferecer ao mercado em determinado período; (3) Identificação dos melhores roteiros e pontos de distribuição, ao reunir informações sobre o tráfego, distância, tempo de percurso, preço do combustível e canal de distribuição pode-se visualizar o quanto vai gastar com a entrega da mercadoria. Pode-se adaptar a rota ou o horário da entrega, ou até mesmo, mudar a frota e utilizar não apenas caminhões, mas também veículos menores para fazer entregas em distâncias reduzidas.

2.2 Colaboração nas Redes de Suprimento

Um fator que pode auxiliar de maneira significativa a troca de informações entre os diversos agentes de uma rede de suprimento é a colaboração interorganizacional.

A colaboração nas redes de suprimento pode ser definida como duas ou mais empresas independentes trabalhando conjuntamente para alinhar seus processos de cadeias de suprimento de modo a criar valor para clientes finais e acionistas com mais sucesso do que agindo sozinhas (HORVATH, 2001, SIMATUPANG e SRIDHARAN, 2005). As firmas colaboradoras compartilham responsabilidades e benefícios estabelecendo um grau de

cooperação com seus parceiros de *upstream* (para cima) e *downstream* (para baixo) na rede a fim de criar vantagem competitiva (SPEKMAN et al., 1998). Quando todos os membros da rede se integram e agem como uma entidade homogênea, o desempenho é aprimorado em toda a rede, à medida que a correspondência de oferta e demanda melhora o lucro (FISHER, 1991).

A colaboração nas redes de suprimento pode ser definida ainda como sendo várias empresas criando vantagem competitiva e, portanto, obtendo lucros maiores, trabalhando juntos em um sistema de produção e distribuição (Simatupang e Sridharan, 2002). A partir desse ponto, a colaboração foi entendida de maneiras muito diferentes por pesquisadores e gerentes. A este respeito, Simatupang e Sridharan (2005) propõem uma estrutura, definida por cinco características: (1) compartilhamento de informações; (2) sistema de desempenho colaborativo; (3) sincronização de decisão; (4) alinhamento de incentivo; e (5) processos integrados. Essa abordagem integrativa, em vez de seqüencial (a saída de cada recurso atua como uma entrada para os outros) é apoiada por evidências empíricas - se algumas das características forem ignoradas, as barreiras intrínsecas podem inviabilizar o processo colaborativo.

A integração da rede de suprimento engloba a coordenação de recursos, decisões e métodos entre as diferentes partes interessadas e é o esqueleto do processo geral. A sincronização de decisões abrange a elaboração de processos decisórios conjuntos (inclui a realocação de direitos de decisão) com o objetivo de sincronizar os níveis de planejamento e execução. Isso inclui previsões, estoques de segurança, colocação de pedidos, entrega de pedidos, nível de atendimento ao cliente-alvo e preços. A este respeito, uma grande variedade de soluções tem sido proposta nas últimas duas décadas para melhorar o desempenho da rede de suprimento, como o Inventário Gerenciado de Fornecedor (Andel 1996) e Planejamento Colaborativo, Previsão e Reabastecimento (Ji e Yang, 2005). Além disso, algumas filosofias sistêmicas como a Lean Production (Womack e Jones, 1996) propuseram métodos para gerenciar o fluxo de produção, por exemplo Kanban e CONWIP.

O alinhamento de incentivos requer compartilhar custos, riscos e benefícios entre os participantes. Isto é, o alinhamento de incentivos visa motivá-los a agir de acordo com a estratégia geral e, conseqüentemente, eliminar os incentivos para se desviar. Kaplan e Narayanan (2001) propõem o uso de sistemas especialistas, custeio baseado em atividades e tecnologia baseada na *Web* para rastrear, calcular e exibir as pontuações de incentivo. Para implementá-lo, o uso de contratos lineares (por exemplo, esquemas de pagamento por esforço e remuneração por desempenho) é comum. Assim, a tomada de decisão conjunta é preferível para criar vantagem competitiva por meio de mecanismos como aumento do acesso ao mercado, melhores fontes de materiais e transporte econômico.

Quando os membros da rede envolvem colaboração, existe um dilema entre acomodar decisões que levam em conta o interesse da rede de suprimento como um todo e preservar as decisões no interesse de uma empresa individual. A colaboração entre os agentes de uma rede pode ser um fator significativo na obtenção de melhoria contínua e no aumento do desempenho de toda a rede. Uma teoria que foi inicialmente aplicada à indústria, com análises de empresas individuais e que pode ser ampliada para a análise de uma rede de suprimentos, no que diz respeito ao aumento de seu desempenho, é a Teoria das Restrições.

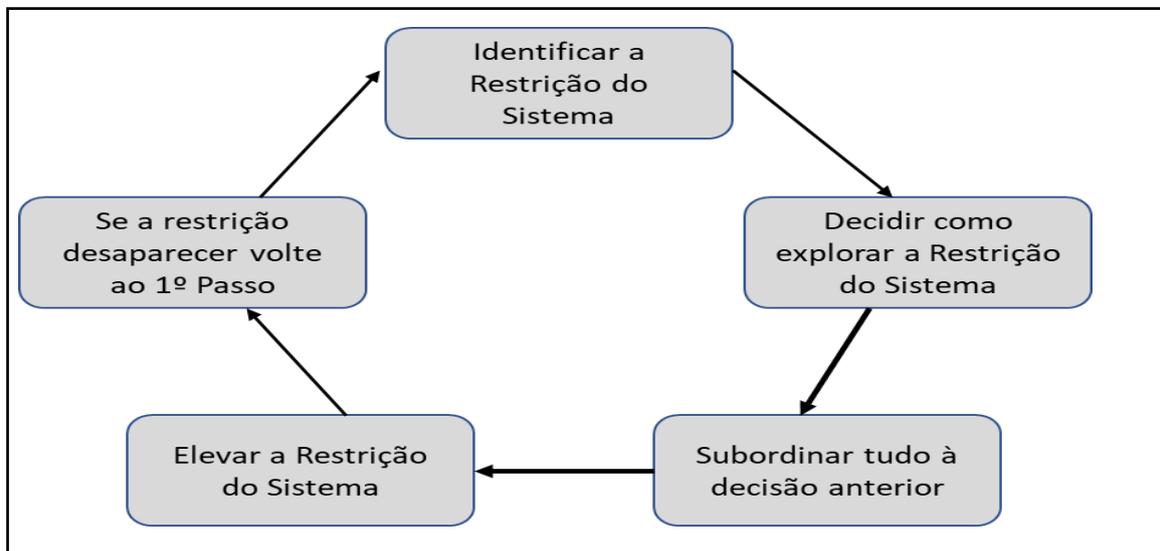
2.3 Teoria das Restrições

A Teoria das Restrições ou do inglês *Theory of Constraints* (TOC) baseia-se na eliminação das restrições do sistema (ou gargalos), que impedem que o fluxo produtivo seja capaz de satisfazer a demanda. A filosofia de TOC surgiu na década de 1980 a partir da evolução de uma versão anterior na área de produção/operação, denominada *Optimized Production Technology* (OPT). O OPT foi inicialmente criado como um programa de

programação (com um algoritmo secreto) em 1980 por Eliyahu Goldratt e foi rapidamente aplicado em empresas ocidentais (Goldratt e Cox, 1992). Alguns anos mais tarde, as nove regras do OPT sobre as quais este programa foi baseado foram divulgadas (Goldratt e Fox, 1986). Desde então, essa técnica evoluiu de um método de programação de produção para uma filosofia de gerenciamento (TOC), que pode ser útil para averiguar e melhorar o desempenho de sistemas complexos (GUPTA, 2003; WATSON, BLACKSTONE, e GARDINER, 2007; NAOR, BERNARDES, e COMAN, 2013).

As suposições da TOC, introduzidas pelo físico israelense Moshe Eliyahu Goldratt, foram publicadas pela primeira vez no livro de 1984, *The Goal: Excellence In Manufacturing*, que oferecia soluções abrangentes para o gerenciamento da produção. A Teoria das Restrições concentra-se na melhoria do sistema, que é definida como uma série de processos independentes (TROJANOWSKA, KOLIŃSKI, 2011; TROJANOWSKA, PAJAŁ, 2010). A aplicação dos princípios da TOC na prática requer uma visão holística de todo o sistema de produção (HAMROL, 2015). Um dos princípios da TOC é a concentração (ŞİMŞİT, GÜNAY e VAYVAY, 2014), ou seja, concentrar-se nas questões mais importantes. Isso significa que todos os processos e posições devem ser supervisionados, embora os não críticos possam gozar de certa autonomia. A maior atenção deve ser dada às tarefas que são cruciais do ponto de vista do sistema como um todo. O principal objetivo de toda empresa é aumentar o lucro. Segundo esse ponto de vista, as restrições são os principais obstáculos para atingir os objetivos das empresas. Em outras palavras, qualquer coisa que atrapalhe a obtenção de mais lucro é considerada uma restrição (GOLDRATT, 1997). A Figura 2 exhibe a sequência de ações envolvidas na TOC na busca de melhoria contínua.

Figura 2. Processo de Melhoria Contínua



Source: Baseado em Goldratt e Cox (1984).

Pode-se detalhar a Teoria das Restrições por meio da Figura 2 onde divide-se o processo de análise em cinco fases:

Fase 1: A TOC considera uma restrição qualquer área, processo ou elemento específico de um sistema que impeça que seu desempenho seja aumentado e que seu objetivo seja atingido.

Fase 2: O objetivo nesta fase é maximizar a eficiência da restrição atual, concentrando esforços na eliminação das atividades que envolvem desperdício ou perda de tempo na restrição.

Fase 3: Esta fase implica sincronizar as operações em outros processos ou elementos do sistema sem gargalos, para que eles não provoquem nenhum revés no uso da restrição.

Fase 4: Se as etapas 2 e 3 forem insuficientes para eliminar a restrição, a solução é aumentar o potencial de gargalos. Essa ação envolve despesas e investimentos.

Fase 5: Como resultado dos passos anteriores, será necessário voltar ao passo 1, porque haverá, sem dúvida, outra restrição emergindo dentro ou fora do sistema.

Com base nessas cinco fases da teoria, é possível fazer análises de práticas, para aumento do desempenho de uma organização ou de uma rede de organizações.

2.4 Abordagem da Rede de Suprimentos baseada em restrições

A abordagem baseada em restrições pode ser definida como uma maneira de realizar mudanças produtivas que aliviam o impacto negativo da(s) restrição(ões) sobre a lucratividade da rede de suprimento. A mudança produtiva que se concentra em ações de gerenciamento de restrições pode contribuir diretamente para a lucratividade. Existem duas maneiras pelas quais a abordagem baseada em restrições pode ajudar os gerentes a melhorar a rede de suprimento: primeiro, fornecendo medidas confiáveis de desempenho global que ajudem os membros da cadeia a medir o progresso da realização da receita total da rede de suprimento; concentrando-se em esforços de melhoria que tenham um impacto significativo no desempenho da rede de suprimentos (SIMATUPANG, WRIGHT E SRIDHARAN, 2004).

A rede de suprimentos pode ser vista como um sistema estabelecido com o objetivo de atingir a meta de um sistema. A fim de verificar se a rede de suprimento está ou não cumprindo sua meta de ganhar dinheiro, três medições globais (no nível do sistema) são usadas - ou seja, taxa de transferência, estoque ou investimento, e despesas operacionais (por exemplo, DETTMER, L998; GOLDRATT e COX, 1992). Throughput é a taxa na qual a rede de suprimento gera dinheiro através de vendas. Ele mede todo o dinheiro que entra em uma rede de suprimento vindo de fora. Esta definição exclui o preço de transferência interno.

O throughput é composto principalmente pela receita que uma rede de suprimentos gera através das vendas de seu produto, menos o custo realmente variável de gerar a venda. Para muitas redes de suprimentos, os custos realmente variáveis incluem os custos de material, comissões de vendas, compensações, suprimentos de consumo e assim por diante. Investimento é todo o dinheiro que a cadeia de suprimentos investe nos produtos que pretende vender. A maior parte deste investimento para uma rede de suprimentos é de matérias-primas ou peças compradas. Esta definição exclui o valor agregado do trabalho e das despesas gerais. Em uma rede de suprimentos, o investimento vem em três formas: matérias-primas, produtos acabados ainda não vendidos e situações intermediárias (work-in-process).

A despesa operacional (OE) é todo o dinheiro que a rede de suprimentos gasta para transformar o investimento em taxa de transferência. Ele inclui mão-de-obra direta, despesas gerais e outras despesas fixas que seriam incorridas mesmo que nunca produzisse um único produto. Os membros da rede precisam aumentar o rendimento na lista de prioridades antes de reduzir as despesas operacionais e de investimento. Além dessa escala de importância, todas as outras métricas locais ou departamentais são menos importantes do que as métricas globais ou da rede de suprimentos.

Tanto uma empresa individual, quanto um conjunto de empresas que compõem uma rede de suprimentos devem possuir convergência em relação a seus objetivos e meta. Para este trabalho, entende-se por meta a definição trazida na TOC: Ganhar dinheiro hoje e no futuro (GOLDRATT, 1991). Desta forma, outros conceitos da TOC são transpostos para a Gestão da Rede de Suprimentos.

- Enfoque da TOC para a Gestão de Estoques (custos, nível e localização) e Nível de Serviço da rede: uma adequada formulação logística, segundo Goldratt (2008b), deve resolver o dilema de redução de custos, o que implica em manter baixos níveis de estoque em todos os canais de distribuição da rede. Para que este conflito seja eliminado, Goldratt (2008b) sugere que se entendam dois fatores logísticos essenciais na rede, que são: *Lead time* de reabastecimento (LTR) e variabilidades na duração do LTR e da demanda ao longo do LTR.

Com base na discussão dos enfoques aqui descritos da Teoria das Restrições, esse trabalho propõe um modelo teórico que possibilite verificar os impactos que a colaboração entre os agentes de uma rede de suprimentos pode trazer ao desempenho da rede. No entanto, algumas análises a respeito da otimização da rede se fazem necessárias.

Para que possa existir uma gestão eficaz da rede de suprimentos, são listados no Quadro 1 alguns fatores relevantes para sua implementação.

Quadro 1 – Fatores para gestão eficaz da rede de suprimentos

Fatores principais
1. Membros das cadeias de suprimento individuais reconhecem e adotam a perspectiva global
2. Membros individuais adotam DBR (<i>Drum-Buffer-Rope</i>) e BM (<i>Buffer Management</i>)
3. Adoção de uma visão global <i>versus</i> visão local da gestão da rede de suprimentos
4. Identificação do fator limitante da rede (gargalo)
5. Maximização da saída do gargalo da rede
6. Sincronização de todas as atividades da rede ao fator limitante (gargalo)
7. Desenvolvimentos de maneiras de aumentar a capacidade do gargalo da rede
8. Aumento contínuo do desempenho da rede em função das metas de mercado
9. Utilização da gestão tambor-pulmão-corda e gestão de estoque dentro da rede

Fonte: Autor.

Do ponto de vista teórico, se uma rede observa os fatores indicados no Quadro 1, ela poderá obter também uma melhoria contínua e o aumento de desempenho obtidos por uma empresa individual, aplicando-se os preceitos da Teoria das Restrições. No item 3, este trabalho detalha a metodologia proposta, as variáveis, indicadores e apresenta um modelo teórico que possa indicar a relação entre a colaboração e o desempenho em uma rede de suprimentos.

3 Metodologia

Este trabalho visa desenvolver um modelo teórico baseado na análise da relação entre a colaboração entre os agentes de uma rede de suprimento e o desempenho da rede, a partir de um recorte teórico que engloba a Teoria das Redes Organizacionais e a Teoria das Restrições. Para o desenvolvimento do modelo teórico foram escolhidas as seguintes variáveis baseadas na literatura:

Indicadores da rede para os construtos colaboração e desempenho

(a) Colaboração

3.1 Medidas qualitativas de colaboração

(a) Interação: Identificar quais são as ferramentas colaborativas usadas pelos agentes da Rede de Suprimentos e seus efeitos para contato entre agentes (JI e YANG, 2005).

(b) Nível de troca de informações: medir a percepção dos agentes sobre a eficácia da troca de informações com os parceiros no aumento do desempenho da rede. (HORVATH, 2001, SIMATUPANG e SRIDHARAN, 2005).

3.2 Medidas quantitativas de colaboração

(a) Frequência de troca de informações: medir qual a frequência de contato com os parceiros da rede para verificação de estoque, produção, tempo de entrega etc.

(b) Frequência de encontros presenciais: quantas vezes ocorrem reuniões para discutir os problemas comuns.

(b) Desempenho

3.3 Medidas qualitativas de desempenho

(a) Satisfação do cliente: O grau em que os clientes estão satisfeitos com o produto e/ou serviço recebido, podendo se aplicar a clientes internos ou clientes externos.

(b) Flexibilidade: O grau em que a rede de suprimentos pode responder a flutuações aleatórias no padrão de demanda.

(c) Integração de fluxo de informações e materiais: Até que ponto todas as funções dentro da rede de suprimentos comunicam as informações relativas a materiais e transporte (Nicoll, 1994)

3.4 Medidas quantitativas de desempenho

3.4.1 Medidas baseadas no custo

(a) Minimização de custos: O custo é normalmente minimizado para toda a cadeia de suprimentos (custo total) ou é minimizado para unidades de negócios ou estágios específicos.

3.4.2 Medidas baseadas na capacidade de resposta do cliente

(b) Minimização do atraso do produto: reduzir a quantidade de tempo entre a data de entrega do produto prometida e a data real de entrega do produto.

(c) Minimização do lead time: Minimizar a quantidade de tempo necessária desde o momento em que o produto iniciou sua fabricação até o momento em que é completamente processado.

3.5 Variáveis de decisão na modelagem da rede de suprimentos

(a) Níveis de estoque: determinação da quantidade e localização de todas as matérias-primas, submontagem e armazenamento da montagem final.

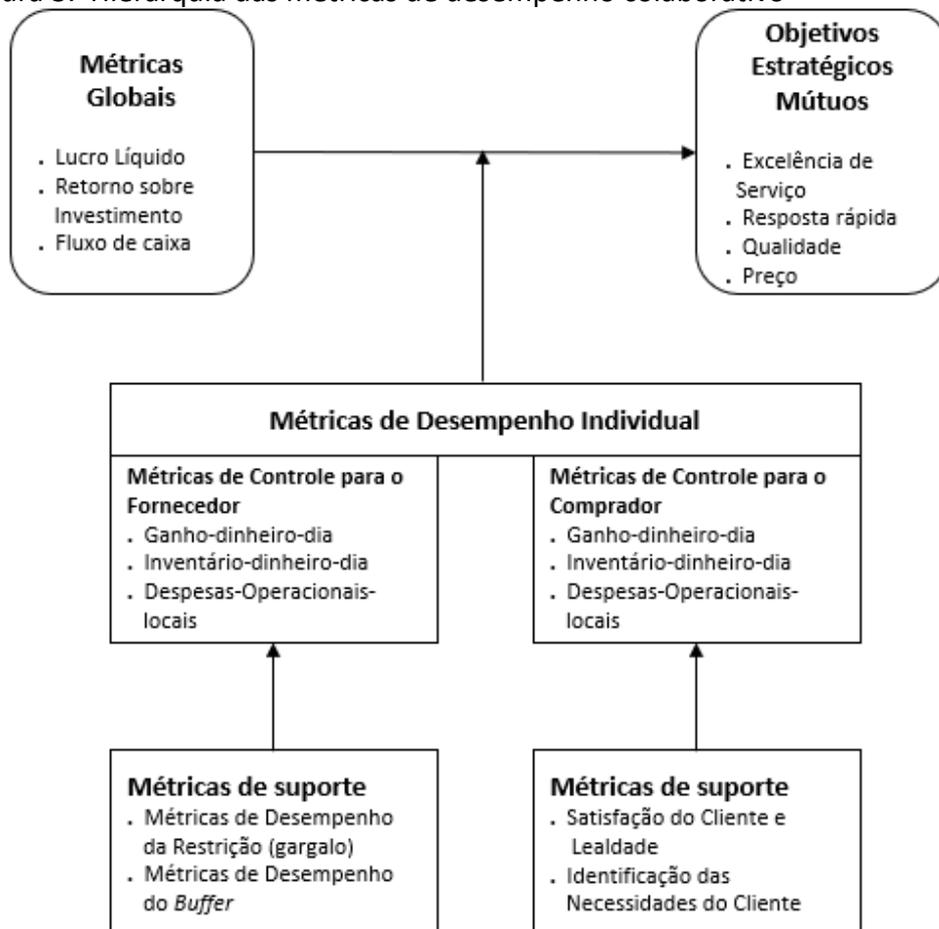
- (b) Número de estágios (escalões): Determinação do número de estágios (ou escalões) que irão compor a rede de suprimentos. Isso envolve aumentar ou diminuir o nível de integração vertical da cadeia, combinando (ou eliminando) etapas ou separando (ou adicionando) etapas, respectivamente.
- (c) Centros de Distribuição (CD) - atribuição de clientes: Determinar qual (is) o(s) CD(s) que atenderá a quais clientes.
- (d) Número de tipos de produtos mantidos no estoque: determinação do número de diferentes tipos de produtos que serão mantidos no estoque de produtos acabados.

4. Métricas

Com a intenção de medir o desempenho da rede de suprimentos, pode-se propor os objetivos conjuntos e as métricas individuais exibidos na Figura 3, onde inicialmente são indicadas as métricas financeiras da rede, que incluem: (a) Lucro líquido; (b) Retorno sobre Investimento e: (c) Fluxo de Caixa.

As métricas de controle tanto para o fornecedor quanto para o comprador são as mesmas: (i) Ganho-Dinheiro-Dia; (ii) Inventário-Dinheiro-Dia e; (iii) Despesas Operacionais. Ainda estão identificadas as métricas de suporte, do lado do fornecedor: (1) Métricas de desempenho da restrição (gargalo) e; (2) Métricas de desempenho do *buffer*. Do lado do comprador as métricas de suporte são: (3) Satisfação do cliente e lealdade e; (4) Identificação das necessidades do cliente.

Figura 3. Hierarquia das métricas de desempenho colaborativo



Com base nessas métricas é possível, por meio de comprovação empírica, identificar se existem e quais são as correlações entre os contratos colaboração e desempenho, anteriormente detalhados.

Com a intenção de embasar a pesquisa empírica este trabalho passa a propor um modelo teórico que, utilizando-se dessa métricas descritas na Figura 3, visa auxiliar os pesquisadores na obtenção de evidências práticas do modelo.

4.1 Proposições Teóricas

Com base nas métricas de medidas de desempenho e nas variáveis de decisão pode-se desenvolver as seguintes proposições teóricas:

As firmas colaboradoras compartilham responsabilidades e benefícios estabelecendo um grau de cooperação com seus parceiros de *upstream* (para cima) e *downstream* (para baixo) na rede a fim de criar vantagem competitiva (SPEKMAN et al., 1998). Dessas afirmações pode-se admitir a proposição 1:

P1 - Existe uma relação positiva entre a colaboração entre fornecedor/comprador com a capacidade de fornecimento do fornecedor a montante, e com a capacidade de produção do fabricante a jusante em uma rede de suprimentos.

O cenário atual impõe novas demandas para as empresas, como um maior portfólio de produtos e serviços, pontos de atendimento em áreas geográficas cada vez mais distantes e, principalmente, a realização de parcerias para atender a essas demandas (ZINN, 2012). Daí pode-se inferir que:

P2 - Existe uma relação positiva entre a colaboração com a capacidade de escoamento (distribuição) de um fornecedor a montante e com a capacidade de escoamento (distribuição) do comprador a jusante em uma rede de suprimentos.

Domingos, Martins e Cândido (2013) corroboram com Ferreira et al. (2012) explicando que a Internet das Coisas ou IoT (*Internet of Things*) pode ser entendida como uma vantagem competitiva, uma vez que a informação de contexto pode ser usada para permitir e otimizar a adaptação em tempo real às mudanças no ambiente.

A busca contínua por melhorar a velocidade de entrega de produtos ou serviços ao cliente final é uma das razões para o desenvolvimento de novas ferramentas de gestão e preocupações com a otimização de processos e, finalmente, o papel de todos os envolvidos no ambiente empresarial está sendo desafiado (RUEY-JER, RUDOLF, SINKOVICS; DAEKWAN, 2016). Dessas afirmações pode-se inferir que:

P3 - Existe em uma rede de suprimentos uma relação positiva entre a capacidade de fornecimento do fornecedor (à montante) com a capacidade de produção do fabricante (à jusante) e com o desempenho da rede de suprimentos como um todo.

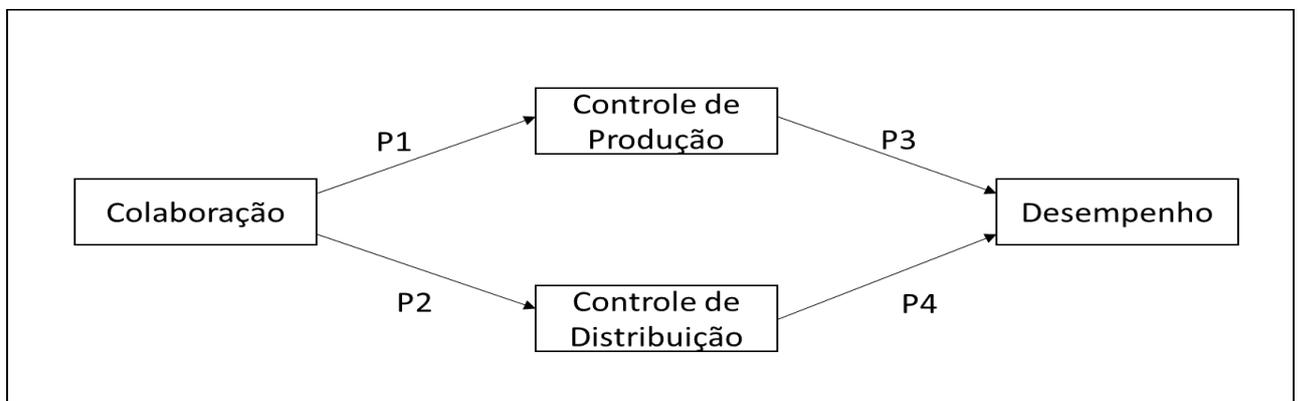
O gerenciamento de tais redes requer de todos os atores envolvidos abordagens que possam lidar com coordenação, colaboração, delegação e monitoramento, porque as abordagens metodológicas existentes podem às vezes ser consideradas inadequadas para a realidade do novo ambiente de negócios (BELLAMY e BASOLE, 2013).

Segundo Musa et al. (2014), um aspecto que poderia ser explorado pelas organizações como um diferencial poderia ser a visibilidade do produto na rede de suprimentos de ponta a ponta. Esse aspecto pode representar mais capacidade de segurança do produto, controle de processos e otimização em muitos setores industriais. Com base nessas concepções pode-se inferir que:

P4 - Existe em uma rede de suprimentos uma relação positiva entre a capacidade de escoamento (distribuição) do fornecedor (à montante), da capacidade de escoamento (distribuição) do fabricante (à jusante) e com o desempenho da rede de suprimentos como um todo.

Com base nessas quatro proposições, pode-se construir o modelo teórico exibido na Figura 4.

Figura 4 – Modelo Teórico de Pesquisa



Fonte: Autor.

5 Resultados Esperados

O presente trabalho visa construir uma análise das redes de suprimento a partir da ótica da Teoria das Restrições, buscando evidenciar os impactos da colaboração entre os agentes da rede e o desempenho apresentado por esta. Dessa forma, baseado na construção de um modelo teórico, busca-se a confirmação das proposições aqui levantadas.

Recomenda-se uma análise empírica que possa comprovar por meio de análises quantitativas e/ou qualitativas essas proposições, trazendo evidências significativas das correlações aqui pesquisadas.

Outras variáveis podem ser também acrescentadas, como por exemplo variáveis que possam medir os impactos da colaboração em redes de suprimento mais complexas como as redes de suprimento reversas (*Reverse Supply Networks*) e as redes de suprimento verdes (*Green Supply Networks*).

Sugere-se também uma eventual análise da TOC em redes de suprimento de serviços, onde pode-se mensurar os impactos da colaboração entre os agentes e fazer-se um estudo comparativo sobre os resultados quando comparados a uma rede de suprimento de produtos.

Referências Bibliográficas

ANDEL, T. Manage inventory, own information. **Transportation & Distribution**, 37(5), 37(5), p.54–58, 1996.

- BELLAMY, M.; GHOSH, S.; HORA, M. The influence of supply network structure on firm innovation. **Journal of Operations Management**, v. 32, n. 6, p. 357–373, 2014.
- BELLAMY, M.A.; BASOLE, R. C. Network analysis of supply chain systems: A systematic review and future research. **System Engineering**, Vol. 16, Issue 2, pp. 235-249, 2013.
- BORGATTI, S. P.; LI, X. On social network analysis in a supply chain context. **Journal of Supply Chain Management**, v. 45, n. 2, p. 5–22, 2009.
- COSTAS, J.; BORJA PONTE, D.; PINO, R.; PUCHE, J. “Applying Goldratt’s Theory of Constraints to Reduce the Bullwhip Effect Through Agent-based Modeling.” **Expert Systems with Applications**, v.42 (4): p.2049–2060, 2015.
- COX, J.F.; SPENCER, M.S. **The Constraints Management Handbook**, Lucie Press, Boca Raton, FL, 1998.
- CUNNINGHAM, M.T. “Survival and growth strategies in new technology markets”, **Proceedings of the 6th IMP Conference**, Milan, p. 346-372, 1990.
- DETTMER H.W., Goldratt’s Theory of Constraints: a Systems Approach to Continuous Improvement, **ASQ Quality Press**, Milwaukee, WI, 1997.
- DOMINGOS, D., MARTINS, F., CÂNDIDO, C. (2013) Internet of Things Aware WS-BPEL Business Process. **Proceedings of the 15th International Conference on Enterprise Information Systems**.
- FERREIRA, P., MARTINHO, R., DOMINGOS, D. (2012) IoT-aware business processes for logistics - limitations of current approaches, **Proc. of Inforum – Simpósio de Informática**, p. 611-622, Universidade do Minho, Braga, Portugal. Fredendall, L.D.,
- FISHER, M.L. (1997), “What is the right supply chain for your product?”, **Harvard Business Review**, Vol. 75 No. 2, p. 105-116.
- GEUNES J.; PARDALOS P.; ROMEIJN H. E. “**Supply chain management: models, applications, and research directions**”. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002.
- GLIGOR, D.M., HOLCOMB, M. "The road to supply chain agility: an RBV perspective on the role of logistics capabilities", **The International Journal of Logistics Management**, Vol. 25, No. 1, p.160–179, 2014.
- GLIGOR, D.M.; HOLCOMB, M.C.; STANK, T.P. “A multidisciplinary approach to supplychain agility: conceptualization and scale development”, **Journal of Business Logistics**, Vol. 34 No. 2, p. 94-109, 2013.
- GOLDRATT E.M.; COX J. **The Goal: Excellence In Manufacturing**, North River Press, New York, 1984.
- GOLDRATT, E. COX, J. **The Goal: A Process of Ongoing Improvement**. (1984). North River Press; 2nd Rev edition, 1992.
- GOLDRATT, E. M. **Critical chain**. Great Barrington, MA: North River Press, 1997.
- GOLDRATT, E. M. **It’s not luck**. Great Barrington, MA: North River Press, 1994.
- GOLDRATT, E. M. **Theory of constraints**. Croton-on-Hudson, NY: North River Press, 1990.
- GOLDRATT, E. M.; SCHRAGENHEIM, E.; PTAK, C. A. **Necessary but not sufficient**. Croton-on-Hudson, NY: North River Press, 2000.
- GOLDRATT, E.M.; COX, J. **The Goal – A Process of Ongoing Improvement**, 2nd rev. ed., North River Press Publishing Corporation, Great Barrington, MA, 1992.
- GOLDRATT, E.M.; COX, J. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo**. São Paulo: IMAM, 1986.
- GOLMOHAMMADI, D. “A Study of Scheduling Under the Theory of Constraints.” **International Journal of Production Economics**, v.165: p.38–50, 2015
- GUPTA, A. "Supply chain management in complex manufacturing", **IIE 7olutions**, Vol. 29 No. 3, p. 18-23, 1997.

- GUPTA, A; EVANS, G. A goal programming model for the operation of closed-loop supply chains. **Engineering Optimization**. Ed. 41 (8), p. 713-735, 2009.
- GUPTA, M. Constraints Management recent advances and practices. **International Journal of Production Research**, p.647-659, 2003.
- GUPTA, S.; PALSULE-DESAI, A. Sustainable supply chain management: review and research opportunities. **IIM Management review**, ed.23(4), p. 234-245, 2012.
- HAMROL A., Strategies and practices of efficient operation. Lean six sigma and other , **PWN**, Warsaw, 2015.
- HARLAND, C.M., LAMMING, R.C., COUSINS, P.D. Developing the concept of supply strategy. **International Journal of Operations e Production Management**, v.19(7), pp.650-669.
- HEPPELMANN, J.E. How Smart Connected Objects Are Transforming Competition, **Harvard Business Review**, v.92, ed.11, p.96-110, 2014.
- HINGLEY, M.K. (2005) Power to all our friends? Living with imbalance in supplier–retailer relationships. **Industrial Marketing Management**, v. 34, n. 8, p. 848–858, 1999.
- HORVATH, L. "Collaboration: key to value creation in supply chain management", **Supply Chain Management: An International Journal**, Vol. 6 No. 5, pp. 205-7, 2001.
- Jackson, G.C.; Low, J.T. Constraint management: a description and assessment, **International Journal of Logistics Management**. V.4 (2), p. 41–48, 1993.
- JEFFREY, P.; DYER, H.; HATCH, N. W. A Toyota e as redes de aprendizado. **HSM Management**, v. 47, p. 164–170, 2004.
- JI, Y.F.; Yang, H.L. "Bullwhip Effect Elimination in Supply Chain with CPFR." Proceedings of the 2005 **International Conference on Management Science & Engineering** 1 (3): p.737–740, 2005.
- KAMPSTRA, R. P.; ASHAYERI, J.; GATTORNA, J. L. Realities of Supply Chain Collaboration. **The International Journal of Logistics Management**, v. 17, n. 3, p. 312-330, 2006.
- KAPLAN, R.; NARAYANAN, V.G. "Measuring and Managing Customer Profitability." **Journal of Cost Management** 15 (5): p.5–15., 2001.
- KENDALL, G. (2007); **Visão Viável: Transformando o Faturamento Líquido em Lucro Líquido**. Porto Alegre, Bookman, 160 p.
- KIM, C., PARK, D. LEE K. Technical efficiency analysis of shippers using DEA. **Journal of Advanced Transportation**, Vol. 45(3): pp.161–172, 2011.
- MUSA, A., GUNASEKARAN, A., Yusuf, Y. (2014). "Supply chain product visibility: methods, systems and impacts." **Expert Systems with Applications – An International Journal**. v.41, n.1, p.176–194.
- NARASIMHAN, R.; NARAYANAN, S. Perspectives on supply network – enabled innovations. **Journal of Supply Chain Management**, v. 49, n. 4, p. 27–42, 2013.
- PORTER, M.E.; HEPPELMANN, J.E. How Smart Connected Objects Are Transforming Competition, **Harvard Business Review**, v.92, ed.11, p.96-110, 2014.
- RUEY-JER, BRYAN JEAN; RUDOLF, R.; SINKOVICS; S. DAEKWAN, K. Antecedents and Outcomes of Supplier Innovativeness in International Customer–Supplier Relationships: The Role of Knowledge Distance. **Management International Review**, maio, 2016.
- SAGUY, I.S., SINGH, R.P., JOHNSON, T., FRYER, P.J., SASTRY, S.K. Challenges facing food engineering. **Journal of Food Engineering**. Vol.119 (2), p.332-342.
- SIHA, S. "A classified model for applying the theory of constraints to service organisations", **Managing Service Quality**, Vol. 9 No. 4, pp. 255-64, 1999.
- SIMATUPANG, T. M. & SRIDHARAN, R. The Collaboration Index: A Measure for Supply Chain Collaboration. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.35 (1), p.44–62, 2005.

- SIMATUPANG, T.M.; SRIDHARAN, R. "The collaborative supply chain", **International Journal of Logistics Management**, Vol. 13 No. 1, p. 15-30, 2002.
- SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Cadeias de suprimentos: projeto e gestão – Conceitos, Estratégias e Estudo de Casos**. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. (2010); **Cadeia de Suprimentos, Projeto e Gestão**. Porto Alegre, Bookman, 583p.
- ŞİMŞİT, Z.; TUĞÇE, N.; SEBLA, G.; VAYVAY, O. "Theory of Constraints: A Literature Review." **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 150: p.930–936, 2014.
- ŞİMŞİT, Z.T.; SEBLA GÜNAYB, N.S; VAYVAY, O. " Theory of Constraints: a Literature Review, **10th International Strategic Management Conference 2014**, Procedia – Social and Behavioral Sciences, 150, p.930– 936, 2014.
- SPEKMAN, R.E.; KAMAUFF, J.W.; MYHR, N. "An empirical investigation into supply chain management: a perspective on partnerships", **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Vol. 28 No. 8, p. 630-50, 1998.
- TOGAR M. SIMATUPANG, ALAN C. WRIGHT, RAMASWAMI SRIDHARAN, "Applying the theory of constraints to supply chain collaboration", **Supply Chain Management: An International Journal**, Vol. 9 Iss: p. 57 – 70, 2004.
- TROJANOWSKA J., KOLIŃSKI A., KOLIŃSKA K., Using of Throughout Accounting in Manufacturing Companies – case studies, **Management and Production Engineering Review**, v2, 1, p.58–65, 2011.
- TROJANOWSKA J., PAJAŁ E., Using the Theory of Constraints to Production Processes Improvement, Proceedings of the 7th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Kyttner R. [Ed.], Tallin, Estonia, 1, 322–327, 2010.
- VERDOUW, C.N., BEULENS, A.J.M., REIJERS, H.A., VORST, J.G.A. A control model for object virtualization in Supply chain management. **Computing Industry**, Vol.68, p.116-131, 2015.
- WANG, J.; LIANG, Z.; XUE, L. Multinational R&D in China: differentiation and integration of global R&D networks. **International Journal of Technology Management**, vol.65, ed.1-4, p.96-124, 2014.
- WATSON, K. J., BLACKSTONE, J.; GARDINER, S. "The Evolution of a Management Philosophy: The Theory of Constraints." **Journal of Operations Management**, v.25(2): p.387–402. 2007.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Organisation**. New York, NY: Simon and Schuster, 1996.
- WU, L.; YUE, X.; JIN, A.; YEN, D.C. Smart supply chain management: A review and implications for future research. **International Journal of Logistics Management**, v.27 (2), p.395-417, 2016.
- ZINN, W. Globalização e complexidade em supply chains. **Revista Tecnológica**, São Paulo, 2012.