



Estratégia e Logística de Distribuição: Um Estudo de Caso do Segmento Industrial Brasileiro de Fertilizantes Nitrogenados

Distribution Strategy and Logistics: A Case Study of the Brazilian Industrial Segment of Nitrogen Fertilizers

Alessandra Andrade Pereira¹

Murilo Alvarenga Oliveira²

Resumo

Este estudo utilizou o caso do setor brasileiro de fertilizantes, que vem passando por mudanças devido à inserção de novas Unidades de Fertilizantes Nitrogenados (UFNs) na rede logística de uma empresa nacional. O estudo limitou-se à ureia, responsável por 60% do mercado de nitrogênio no Brasil. Para analisar a alocação da demanda, devido à inserção das novas UFNs, foi utilizado o Problema Clássico de Transporte, minimizando o custo de transporte do processo de distribuição do fertilizante nitrogenado ureia. Após a coleta de dados relativos ao estudo de caso, simulações de cenário com a inserção das UFNs foram realizadas por meio do *software* AMPL e do *solver* CPLEX. Os resultados mostraram que a inclusão da UFN III na rede logística da empresa foi responsável pela redução mais significativa dos custos de transporte entre os cenários simulados, confirmando que o planejamento da rede logística e o alinhamento entre os níveis estratégico e tático são possíveis instrumentos para contribuir com a otimização da distribuição de ureia.

Palavras-chave: estratégia; logística de distribuição; custos de transporte.

Abstract

This study used the case of the Brazilian fertilizer sector, which has been changing due to the insertion of new Nitrogen Fertilizer Units (UFNs) in the logistics network of a national company. The study was limited to urea, responsible for 60% of the nitrogen market in Brazil. To analyze the allocation of demand, due to the insertion of new UFNs, the Classic Transport Problem was used, minimizing the transport cost of the urea nitrogen fertilizer distribution process. After collecting data related to the case study, scenario simulations with the insertion of UFNs were performed using the AMPL software and the CPLEX solver. The results showed that the inclusion of UFN III in the company's logistics network was responsible for the most significant reduction in transport costs among the simulated scenarios, confirming that the planning of the logistics network and the alignment between the strategic and tactical levels are possible instruments to contribute with the optimization of urea distribution.

Keyword: distribution logistics; transport costs; strategy.

1 Mestre em Administração PPGE-UFRRJ.

2 Doutor em Administração FEA-USP, professor associado da Universidade Federal Fluminense, PPGA-UFF-VR.

1. INTRODUÇÃO

Diante da busca por desempenho superior em um ambiente de concorrência, o alinhamento entre os níveis estratégico, tático e operacional de uma empresa tem importância na construção de vantagens competitivas sustentáveis e de longo prazo (Barney, 2001; Joshi et al., 2003; Mazzali e Pilão, 2004; Resende e Mendonça, 2007; Borella e Padula, 2010). Uma das principais decisões de uma empresa no nível estratégico é o planejamento de redes logísticas, que determina o número de instalações, tamanho e localização de fábricas e depósitos (Oliveira e Leite, 2010; Xavier e Martins, 2011).

O desdobramento dessa decisão para o nível tático reflete na decisão de definir a alocação da demanda às instalações (Kouvelis et al., 2006). A alocação da demanda influencia na logística de distribuição e acarreta mudanças em suas atividades ao minimizar os custos de transporte. Quando uma nova instalação é introduzida na rede logística, a qual possui um lugar fixo, é necessário revisar a designação da demanda às instalações, de modo a minimizar o custo do transporte (Jayaraman e Pirkul, 2001; Syarif et al., 2002; Jayaraman e Ross, 2003; Melo et al., 2009; Mittal et al., 2013).

É nesse contexto que as empresas passam a pleitear informações mais precisas por meio do uso de modelos matemáticos para subsidiar tomadas de decisões (Oliveira e Leite, 2010; Mittal et al., 2013) e definir estratégias de distribuição, políticas de estoque, escolha do modo de transporte, localização e capacidade de instalações (Mello et al., 2009), enfim, tudo aquilo que pode, de alguma forma, traduzir-se em vantagem competitiva da rede logística (Tondolo e Bitencourt, 2006; Chopra e Meindl, 2010).

Para analisar o desdobramento de decisões de nível estratégico para os demais níveis e o alinhamento entre estes, foi utilizado o setor industrial brasileiro de fertilizantes nitrogenados como exemplo. Com o intuito de diminuir a dependência da importação de fertilizantes, o governo brasileiro vem estabelecendo propostas para a criação de um Plano Nacional de Fertilizantes (MAPA, 2015) utilizando a empresa XPTO como instrumento dessa política.

A importação de fertilizantes ocorreu durante todo o processo de expansão da agropecuária brasileira, acompanhando o avanço do consumo, entretanto a dependência desse insumo tornou-se mais evidente com a ocupação do bioma cerrado, utilizando a base técnica insumo-intensivo, ou seja, com o maior uso de fertilizantes (Gonçalves, Ferreira e Souza, 2008). Dados mostram que a oferta de fertilizantes intermediários no Brasil, em 2016, atingiu 33.485.310 toneladas, das quais 8.999.817 toneladas foram produzidas no país e 24.485.493 de toneladas foram importadas (ANDA, 2017). Em termos percentuais, essa relação entre produção doméstica e importação sobre o consumo total foi de 36,75% de produção doméstica e 63,25% de importação. Ao observarmos a média do triênio 2014-2016 nota-se pouco avanço no processo de redução da participação das importações: a produção doméstica respondeu por 39% e as importações, por 61%.

De acordo com Gonçalves et al (2008), a dependência desses insumos agrícolas importados faz com que o Brasil continue vulnerável às oscilações de mercado de fertilizantes, uma vez que a produção nacional das matérias-primas básicas dos fertilizantes (nitrogênio, fósforo e potássio) não acompanhou o ritmo de crescimento da demanda.

Em resposta à estratégia governamental, a empresa XPTO investiu e planejou novas instalações fixas de fertilizantes nitrogenados em sua rede logística (Franco, 2009; FIESP, 2011). A XPTO trata-se de uma empresa de capital aberto, cujo acionista majoritário é o próprio governo, o que a caracteriza como uma estatal de economia mista. Seus principais segmentos de atuação são de energia, nas áreas de exploração, produção, refino, comercialização e transporte de petróleo, gás natural e seus derivados. Desses processos resultam os subprodutos amônia e enxofre, matérias-primas dos fertilizantes nitrogenados.

Os novos projetos e o aumento da capacidade produtiva das Unidades de Fertilizantes Nitrogenados (UFNs) da empresa XPTO alteram a configuração da rede logística, criando a necessidade de revisar a alocação da demanda (Franco, 2009). Para reavaliar a designação da demanda foi escolhido, entre os fertilizantes nitrogenados produzidos, o fertilizante à base de ureia. A delimitação do estudo a esse produto se deu em função da ureia ser o fertilizante nitrogenado mais consumido na agricultura do Brasil (Dias e Fernandes, 2006; Fernandes et al., 2009; ANDA, 2013).

Após o nível estratégico definir os locais de instalação das UFNs e serem iniciadas as construções das fábricas, o nível tático tem a função de otimizar a alocação da demanda pela ureia. Desdobrando para o nível operacional, a realização da distribuição do produto. Este é o dilema do presente estudo, o qual, utilizando como critério o custo de transporte, pretendeu otimizar a logística de distribuição da ureia devido às novas instalações de UFNs.

O custo de transporte representa uma das variáveis que determina o preço de bens e serviços (Hummels, 2007; Melo et al., 2009). No caso da ureia, a demanda e a oferta estão separadas por longas distâncias, devido às novas fronteiras agrícolas brasileiras (Mazzali e Pilão, 2004; Dias e Fernandes, 2006). Além disso, por se tratar de *commodities*, a ureia não apresenta diferenciação e possui baixo valor agregado, fator que eleva a participação do custo de transporte na formação do seu preço (Heckenmüller, 2014; FAO, 2011; Fernandes et al., 2009).

Nesse sentido, por meio da aplicação do Problema Clássico de Transporte (PCT), pretendeu-se responder à seguinte questão: quais demandas deverão ser alocadas nas fábricas para minimizar o custo de transporte? Assim, este estudo procurou contribuir com mais informações sobre a aplicação do PCT no processo de tomada de decisão, auxiliando o processo gerencial da empresa no caso estudado.

Entre as diversas decisões empresariais de nível estratégico a serem tomadas, o planejamento logístico merece particular destaque (Ballou, 2001; Borella e Padula, 2010; Oliveira e Leite, 2010; Xavier e Martins, 2011), porém, para não impactar na competitividade da rede logística e na qualidade dos serviços prestados, os níveis estratégico, tático e operacional devem estar alinhados. Decisões tomadas no nível estratégico influenciam os níveis tático e operacional, como as atividades da logística de distribuição, que são influenciadas pela alocação da demanda, a qual, por sua vez, é influenciada pela localização de instalação (Jayaraman e Pirkul, 2001; Mazzali e Pilão, 2004; Oliveira e Leite, 2010; Xavier e Martins, 2011).

Dessa maneira, com o intuito de fornecer embasamento teórico sobre o planejamento de redes logísticas e sua influência no desdobramento na logística de distribuição e nas estratégias de negócios, nos tópicos seguintes será apresentada a importância do planejamento e da coordenação dos negócios para obtenção de melhores resultados nas atividades que promovem o valor para a empresa e garantem vantagens competitivas sustentáveis (Barney, 2001).

2. PLANEJAMENTO DE REDES LOGÍSTICAS

Ao planejar uma rede logística, é necessário considerar: o papel que cada instalação deve exercer, quais serão os processos desencadeados em cada instalação, onde as instalações devem ser localizadas, qual a capacidade que deve ser alocada em cada instalação e que mercados devem ser servidos pelas instalações (Kouvelis et al., 2006; Chopra e Meindl, 2010). E, na realidade brasileira, também é necessário considerar a estrutura tributária, principalmente o Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS), que impacta diretamente na concepção de uma rede logística (Yoshizaki, 2002).

Além de definir os locais das instalações, os estudos de localização de instalação podem trazer uma série de contribuições para a definição de produtos, estratégias de produção, de distribuição e políticas de atendimento aos clientes (Ballou, 2001; Xavier e Martins, 2011). Minimizar o custo de distância entre as instalações e a localização da demanda é uma das questões do problema de localização de instalações (do inglês, *facility location*) (Jayaraman e Ross, 2003; Hummels, 2007; Melo et al., 2009).

O problema de localização-alocação aborda a minimização de custos de transportes em uma rede logística, em que os centros de oferta (ou de distribuição) deverão atender totalmente às demandas dos clientes, estando ou não sujeitos à restrição de limite superior de capacidade das instalações (Belfiore e Fávero, 2012; Mittal et al., 2013). A distribuição espacial dos clientes, as distâncias, o tempo, os custos entre clientes e instalações, quais instalações devem ser abertas, quais clientes devem ser atendidos e a partir de qual instalação, de modo a minimizar os custos totais, são questões envolvendo problemas de localização de instalações (Melo et al., 2009).

Com relação ao custo de transporte, uma instalação localizada entre uma fonte de matéria-prima e um ponto de mercado terá um custo mínimo de transporte em um desses dois pontos. Nesse sentido, o custo total de transporte reduz até certo nível à medida que novas instalações são inseridas na rede logística (Ballou, 2006; Hummels, 2007). A capacidade e o custo do serviço ao cliente são impactados diretamente pela quantidade, tamanho e relacionamento geográfico das instalações (Bowersox et al., 2008). Para Chopra e Meindl (2010), sendo as decisões sobre instalações denominadas decisões de projeto de rede de cadeia de suprimentos.

Faz-se necessário compreender os fatores estratégicos da empresa, pois exercem impactos nas decisões de projeto de rede dentro da cadeia de suprimento (Xavier e Martins, 2011; Borella e Padula, 2010). Fatores tecnológicos, macroeconômicos e competitivos, o tempo de resposta ao cliente e a presença local, além dos custos de logística e com as instalações, também são levados em consideração no momento de projetar a rede de instalações (Chopra e Meindl, 2010).

De acordo com os autores acima, as decisões de projeto de rede são feitas em quatro fases: primeiro, iniciam pela definição de uma estratégia de cadeia de suprimentos; pela definição da configuração da instalação regional, escolhendo locais interessantes; e, por fim, a escolha do local. Num segundo momento, tem-se a otimização de rede de instalações por meio da alocação da demanda às instalações fabris, com o objetivo de minimizar o custo total de instalação, estoque e transporte, de modo a atender às demandas com nível de serviço adequado. Essa alocação deve ser revista periodicamente em função de mudanças e do crescimento do mercado, bem como de novas exigências de nível de serviço.

3. LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO E TRANSPORTE

Devido à rápida transferência de tecnologia entre as empresas, o produto pode ter design, atributos e qualidade iguais e os preços serem bem distintos. Portanto, a busca por desempenho superior em um ambiente de concorrência pode dar à logística de distribuição uma importância de diferenciação por oferecer a construção de vantagens competitivas sustentáveis em longo prazo (Barney, 2001; Resende e Mendonça, 2007; Borella e Padula, 2010).

Na estratégia competitiva da empresa, a logística de distribuição é representada quando a empresa atende à demanda com o menor custo. A estratégia envolve uma série de decisões que se destinam a determinar a forma

como a empresa irá atender ao mercado e aos clientes com os seus produtos e serviços (Pagh e Cooper, 1998).

Para Ballou (2001), uma das atividades-chave que a compõe é o transporte. O transporte é uma das mais importantes áreas em matéria de planejamento de rede logística, respondendo por cerca de 60% dos custos logísticos, movimentando os produtos para frente e para trás na cadeia de agregação de valores. O transporte pode ser considerado um elo essencial entre a expedição da empresa e o cliente, movimentando o produto entre a unidade produtiva e o cliente (Jayaraman e Pirkul, 2001; Syarif et al., 2002). Para Chopra e Meindl (2010), o transporte exerce um papel crucial na logística de distribuição, uma vez que os produtos raramente são fabricados e consumidos no mesmo local.

De acordo com Ballou (2001), se a estratégia competitiva tem como alvo o cliente que demanda um nível muito alto de responsabilidade, a empresa pode então utilizar o transporte como fator-chave. Se a estratégia competitiva da empresa tem como alvo clientes que apresentam o preço como principal critério de decisão de compra, a empresa pode então utilizar o transporte para baixar o custo do produto, tornando o produto mais competitivo no mercado.

Para a determinação ótima da rede é necessário considerar as compensações de custos (*trade-off*) existentes no projeto, os custos de transporte, como pagamento por embarque entre duas localizações geográficas (como combustível, mão de obra, depreciação, manutenção, seguro do veículo, imposto, pedágios e administração) e os custos de estoque (Bowersox et al., 2008). Os custos de transporte se baseiam em dois princípios que fundamentam as operações e o gerenciamento: a distância a ser percorrida e o volume a ser transportado; respectivamente, a economia de distância e a economia de escala (Hummels, 2007; Melo et al., 2009; Mittal et al., 2013).

A economia de distância tem como característica a diminuição do custo de transporte por unidade de distância à medida que a distância aumenta. Nesse caso, distâncias mais longas permitem que as despesas fixas sejam distribuídas por mais quilômetros, resultando em valores menores por km. Já a economia de escala é obtida com a diminuição do custo de transporte por unidade de peso. A economia de escala de transporte funciona assim: despesas fixas de movimentação de uma carga podem ser diluídas por maior peso ou quantidade de unidades, portanto um menor custo por tonelada ou por unidade transportada (Hummels, 2007; Chopra e Meindl, 2010).

À luz dos temas abordados acima, a distribuição do fertilizante nitrogenado à base de ureia deve estar alinhada com a estratégia de redução da dependência por fertilizantes importados. Portanto, é do interesse de um setor estratégico para a economia nacional compreender as forças que atuam sobre a formação de preços desse insumo para a agricultura (Mazzali e Pilão, 2004; Dias e Fernandes, 2006; Fernandes et al., 2009; ANDA, 2013).

Uma vez que o impacto do custo de transporte é maior nos produtos de baixo valor agregado (Heckenmüller, 2014; FAO, 2011; Fernandes et al., 2009), como a ureia, a redução no custo de transporte faz-se necessária para que o produto tenha vantagens competitivas e logísticas (Tondolo e Bitencourt, 2006). Portanto, a preocupação com o transporte das *commodities* no Brasil, em especial com o custo de transporte na distribuição dos fertilizantes, se mostra relevante (Mazzali e Pilão, 2004; Fernandes et al., 2009).

4. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa é definida como exploratório-descritiva. Exploratória no que se refere à utilização do estudo de caso para contextualizar a situação vivenciada pela unidade de análise. Para tanto, foram consideradas as mudanças na rede logística da empresa XPTO. Devido às inserções de novas instalações na área de fertilizantes da empresa, ocorreu a necessidade de realocar a demanda a essa nova rede logística, otimizando o custo de transporte. De acordo com Yin (2009), esse método é usado quando se deseja entender um fenômeno da vida real, englobando importantes condições contextuais por serem pertinentes ao seu fenômeno de estudo.

Também se caracteriza como um estudo descritivo porque utiliza-se principalmente dados quantitativos, por meio da aplicação do PCT e a simulação de cenários como procedimentos técnicos (Bertrand; Fransoo, 2002). Por considerar o PCT um procedimento técnico e não uma teoria de base de estudo, optou-se por inserir o embasamento teórico sobre ele neste tópico do trabalho.

O PCT é um método de otimização cuja função objetiva é minimizar a máxima distância entre os pontos de demanda e as instalações mais próximas para uma maior efetividade do sistema, garantindo que as soluções encontradas sejam as melhores possíveis dentro do conjunto de premissas adotadas. Ele pertence à classe de aplicações da pesquisa operacional denominada programação em redes. Os modelos em redes são utilizados em diversas áreas de negócio, como produção, transporte, localização de facilidades, gestão de projetos e finanças, entre outros (Bertrand e Fransoo, 2002; Belfiore e Fávero, 2012).

O PCT é o mais representativo dos problemas de programação em rede. Formulado como problema de programação linear, de grande aplicação prática, tem como objetivo determinar as quantidades de produtos a serem transportadas a partir de um conjunto de fornecedores para um conjunto de consumidores, de forma que o custo total de transporte seja minimizado. O problema considera dois elos da cadeia de suprimentos e não inclui instalações intermediárias, como centros de distribuição (Belfiore e Fávero, 2012).

Função Objetivo:

$$\min z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = Cfi, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = d_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Em que:

C_{ij} = custo unitário de transporte do fornecedor i para o consumidor j

X_{ij} = quantidades transportadas do fornecedor i para o consumidor j

Cfi = capacidade de abastecimento do fornecedor i ($i = 1, \dots, m$)

d_j = demanda do destino j ($j = 1, \dots, n$)

A equação (1) representa a função objetivo do modelo, que visa minimizar o custo de transporte em função das distâncias entre os pontos, instalações e demanda. Com relação às restrições, a equação (2) é a restrição de limite de capacidade de fornecimento e a equação (3) representa a restrição de cobertura de demanda, na qual todos deverão ter o total de suas demandas atendidas. A equação (4) é a restrição de não negatividade.

Para que o PCT tenha solução viável é necessário que o total de oferta seja igual ao total da demanda. O caso de demanda maior que oferta, introduz-se uma oferta fictícia (Dummy), indicando a necessidade de uma nova fábrica. O custo de transporte de todos os destinos para essa origem fictícia (Dummy) é nulo. A oferta dessa origem é dada pela diferença entre o total ofertado e o total demandado (Medeiros et al., 2008). O PCT é um modelo de otimização em que é selecionado o melhor elemento de um conjunto de alternativas possíveis, minimizando ou maximizando uma função objetivo, considerando as restrições. O vetor de variáveis que satisfizer as restrições e tiver o menor ou o maior valor, dependendo da função objetivo, é chamado de ótimo (Ragel, 2005).

5. ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

A fim de modelar e resolver o problema acima proposto, os dados foram tratados com uma abordagem quantitativa e foi utilizada a linguagem de modelagem *A Mathematical Programming Language* (AMPL) e o solucionador CPLEX. A modelagem matemática da rede logística é importante para o planejamento, já que nesse momento se desenvolve a integração da teoria com a realidade da tomada de decisão (Bertrand e Fransoo, 2002).

De acordo com Fourer, Gay e Kernighan (2003), o AMPL é uma linguagem de modelagem algébrica para resolver problemas de otimização de alta complexidade e de grande escala, portanto eficaz para resolver a matriz do tipo 103x13. Além disso, o AMPL fornece uma notação algébrica que está muito perto da forma que o usuário descreve um problema matematicamente, de modo que é fácil de converter de uma descrição matemática familiar para AMPL, necessitando somente de um modelo em programação matemática que especifique variáveis, objetivo e restrições (Ragel, 2005).

O AMPL, porém, não soluciona o problema diretamente, necessitando de algoritmos externos apropriados para obter uma solução, os quais são conhecidos como solucionadores. Os solucionadores manipulam certos tipos de problemas de programação matemática. Cada solucionador é uma coleção sofisticada de metodologias e estratégias de solução. Neste trabalho, optou-se pelos algoritmos CPLEX. O nome do solucionador CPLEX se refere à linguagem de programação C e ao método Simplex, que soluciona problemas de programação linear, sendo o único método de solução de seu algoritmo na época em que foi desenvolvido (Ragel, 2005).

De acordo com a IBM (2014), a tecnologia de programação matemática da IBM ILOG CPLEX *Optimizer* permite a otimização de decisões para melhorar a eficiência, reduzir custos e aumentar a rentabilidade. O processo de levantamento/determinação dos dados é uma das etapas mais importantes que subsidiarão a construção do modelo matemático na busca da solução ótima do problema. Porém, terminada essa fase, os tomadores de decisão disporão de grande flexibilidade para testar diferentes cenários. Para otimizar o custo de transporte na distribuição do

produto por meio do PCT foram realizados levantamentos das variáveis que compõem esse método de otimização, conforme Tabela 1.

Tabela 1

Variáveis utilizadas no PCT.

Variáveis	Descrição sumarizada
Origens	Localizações do fornecimento do produto (fábricas e portos).
Capacidade de oferta	Restrição da capacidade de fornecimento pelas instalações.
Demanda	Volume do produto comercializado.
Destinos	Localizações dos demandantes do produto.
Custo de transporte	Custo de distância entre ponto de origem e ponto de destino.

Para calcular os custos de transporte entre os pontos de origens e os pontos de destino, em um primeiro momento, foi necessário levantar os pontos de oferta e demanda do produto, assim como a capacidade de oferta por parte das instalações e o volume demandado do produto. Feito isso, em um segundo momento, foram calculadas as distâncias entre os pontos de oferta e demanda. Aplica-se aos dados apurados acima o PCT, considerando a função objetivo de alocar a demanda com o menor custo total de transporte, a restrição de capacidade de fornecimento e a restrição de cobertura de demanda.

De acordo com análise dos dados do Anuário Estatístico da ANDA (2013), o volume comercializado de ureia no ano de 2012 foi de 4.480,186 toneladas. A localização da demanda de ureia (destinos) foi realizada conforme descrito a seguir. Ainda de acordo com dados extraídos do anuário estatístico, existem cerca de 110 empresas associadas a essa instituição. Foram realizadas pesquisas em sites de todas as empresas associadas. Foram excluídas da base de dados, as empresas que não eram misturadoras, como empresas de pesquisas agrícolas e empresas que trabalham apenas com fertilizantes fosfatados ou potássicos, totalizando cerca de 90 empresas que trabalham com fertilizantes nitrogenados e estão associadas a essa instituição. A partir dessa triagem foram pesquisados os locais de operação das misturadoras, identificando 180 pontos de demanda distribuídos pelo país.

Porém foi notado que alguns pontos de demanda estavam localizados na mesma cidade, ou seja, alguns destinos de demanda possuem mais de uma misturadora. Esses destinos foram considerados apenas uma vez do ponto de vista da logística de distribuição assumido pelo presente estudo. A partir dessa premissa, foram excluídos os pontos de operação repetidos na contagem, apontando 103 destinos.

É notada uma forte concentração das misturadoras no eixo centro-sul, próximos ao mercado consumidor. Cerca de 80% do mercado encontra-se na região centro-sul (PR, Sudeste e Centro-Oeste e TO).

O rateio da demanda por ureia para este estudo de caso foi realizado da seguinte forma: foi dividido o volume de consumo de cada região (cidade/estado) proporcionalmente ao número de empresas misturadoras. Nota-se que existem pontos com maior volume demandado de ureia por existirem várias misturadoras nesses destinos.

Outra questão apontada neste trabalho diz respeito a alguns estados não possuírem misturadoras associadas à instituição ANDA. Foram realizadas pesquisas, mas não foram localizadas misturadoras nos estados do Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Paraíba e Piauí, porém a soma do volume total comercializado por esses quatro estados representa 1,25% (56.317 toneladas) do total comercializado no país.

Para o presente trabalho, adotou-se o volume de ureia comercializado no país no ano de 2012 como sendo o total comercializado de 4.480.186 toneladas, subtraindo 56.317 toneladas (referente ao volume comercializado pelos estados que não possuem misturadoras), resultando na demanda por 4.423.870,38 toneladas de ureia. Considerando a delimitação do estudo de caso ao fertilizante à base de ureia, na Figura 1 apresentam-se as localizações das instalações da XPTO, produtoras de ureia.

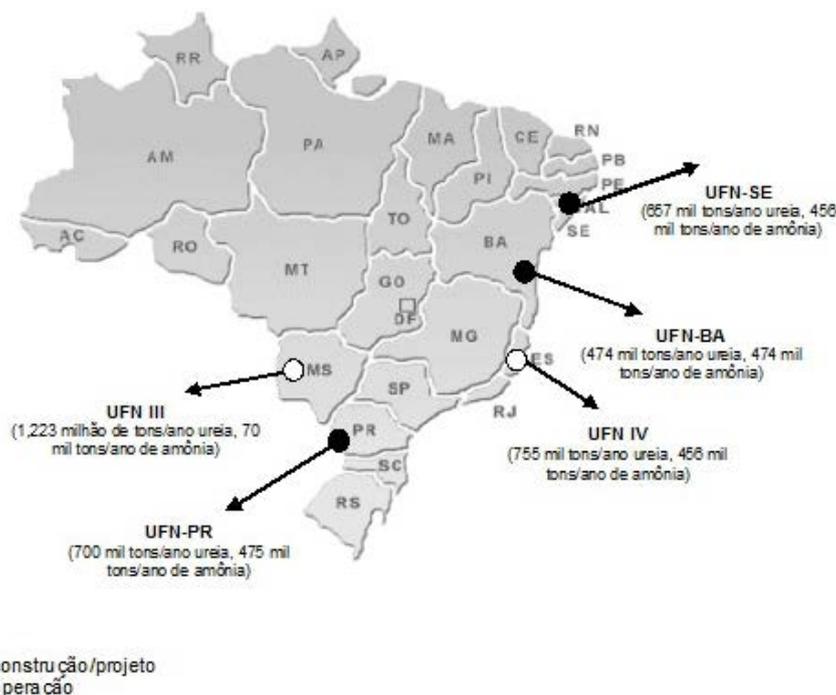


Figura 1. Instalações de produção de ureia consideradas no estudo de caso.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em FIESP (2011).

Com relação à oferta de ureia no Brasil, sabe-se que é realizada por meio da produção da empresa XPTO e de importações. As fábricas em operação atendem 30% da demanda, os 70% restantes são atendidos por meio de importações. Neste trabalho, foi considerada a capacidade de oferta de ureia das fábricas em operação e também a previsão da capacidade de oferta de ureia das fábricas que estão em fase de construção/projeto da empresa XPTO (tabela 2).

Tabela 2

Capacidade de produção e oferta de ureia e situação operacional das fábricas da XPTO.

Planta industrial	Localização		Situação operacional da fábrica	Capacidade de produção (mil toneladas)	Capacidade de oferta (mil toneladas)
	Cidade	UF			
UNF – SE	Laranjeiras	SE	Em operação	657	580
UNF – BA	Camaçari	BA	Em operação	474	375
UNF – PR	Araucária	PR	Em operação a partir de jul. /2013	700	420
UFN III	Três Lagoas	MS	Em operação a partir de Set/2017	1.223	927*
UFN IV	Linhares	ES	Em projeto	755	572*
Total (mil toneladas)				3.809,00	2.874,00

*Previsão

Entretanto, para equilibrar o PCT e igualar oferta e demanda, foi necessário considerar a capacidade de oferta de ureia advinda da importação. A capacidade de oferta dos portos localizados em Itaquí (MA), Recife (PE), Vitória (ES), Santos (SP), Paranaguá (PR), Imbituba (SC), Rio Grande (RS) e Porto Alegre (RS), neste trabalho, foi calculada com base na quantidade de ureia comercializada em 2012 e não suprida pelas fábricas da empresa XPTO, dividindo o volume importado pelos oito portos que receberam a ureia no ano de 2012.

Com relação ao custo de transporte (custo logístico relevante ao estudo em questão), primeiramente é necessário destacar que a utilização exclusiva do transporte rodoviário foi uma premissa assumida para o presente estudo de caso. Tal premissa se justifica devido ao predomínio do modal rodoviário no transporte de insumos agrícolas no país de acordo com a principal referência do mercado de fretes agrícolas no país, o Sistema de Informações de Fretes (SIFRECA) (2013).

Após a determinação de todos os nós da rede logística (origens das fábricas, origens dos portos e mercados destinos), fez-se necessário o levantamento das distâncias rodoviárias entre eles. Essas distâncias entre os

pontos de origem e destino foram obtidas por meio do *Google Maps*[®] considerado uma ferramenta de sistemas de informação geográfica.

O Anuário 2012 do SIFRECA apresenta os valores mínimo, médio e máximo de frete para os adubos e fertilizantes no ano de 2012. No presente trabalho foi utilizado o valor médio de 0,1091R\$/t.km. Esse valor foi multiplicado pelas distâncias entre os pontos de origem e destino, resultando no custo de transporte.

Embora a estrutura e a operação da empresa estejam em andamento, pode-se utilizar a técnica de alocação de demanda às instalações fabris para rever a sua logística de distribuição, com o intuito de otimizar o custo de transporte, alinhando a sua estrutura pré-existente às novas realidades do negócio.

O planejamento de redes logísticas tem se tornado cada vez mais importante para a competitividade de uma empresa. E, mais especificamente, a determinação do número de instalações, sua localização e a alocação dos mercados consumidores aparecem como as principais decisões dentro do processo logístico (Xavier e Martins, 2011; Borella e Padula, 2010; Ballou, 2001).

Nesse sentido, o objetivo foi analisar a realocação da demanda por ureia nas instalações fabris, com a finalidade de minimizar os custos de transporte a partir das implantações das novas unidades de fertilizantes nitrogenados da empresa XPTO. Considerando que a natureza dessas decisões envolve elevados investimentos e impactam diretamente no custo de distribuição, por influenciar os estoques e transportes, a mudança da concepção equivocada de uma rede logística pode ser restritiva devido aos altos custos. Portanto, a inserção de novas unidades de fertilizantes nitrogenados, por si só, já é um motivador pertinente para uma reavaliação da rede logística.

Ademais, de acordo com Ballou (2001), a revisão da rede logística por meio do uso de modelos matemáticos pode gerar economias anuais de 5% a 15%, afetando a rentabilidade. Dessa forma, a relevância do estudo se dá em função da necessidade de redução do custo de transporte da rede de distribuição de fertilizante ureia por meio da alocação da demanda, alinhando o nível tático e operacional às instalações, de acordo com as decisões tomadas no nível estratégico do planejamento de redes logísticas.

Soma-se a isto a importância de minimizar os custos de transporte para que o produto se torne competitivo frente ao produto importado, pois no setor de fertilizantes brasileiro existe uma peculiaridade, que reside no fato de que a indústria nacional de fertilizantes se encontra submetida a um sistema de tributação que pode anular a concorrência do produto nacional em relação ao importado. O produto importado desfruta de certos benefícios tarifários, como a isenção do imposto de importação e a falta de isonomia na tributação do ICMS em relação ao produto nacional, não garantindo uma justa competição no mercado, sendo hoje totalmente favorável ao produto importado.

Com o intuito de avaliar o papel exercido por cada instalação fabril inserida na rede logística do fertilizante à base de ureia da XPTO, em conformidade com a estratégia de negócios de empresa e, em particular, no desdobramento para o nível operacional referente ao processo de logística de distribuição da ureia, foram realizadas simulações de cenários com os projetos da rede logística.

Os cenários foram contemplados da seguinte maneira: inicia-se com o cenário anterior a julho de 2013, no qual a XPTO possuía as UFNs de Laranjeiras/SE e de Camaçari/BA, seguido pelo cenário que contempla a alteração da rede logística, com a aquisição da UFN-PR. Em seguida, são apresentados os cenários em que foram considerados os projetos em fase de construção, a UFN III (MS) e a UFN IV (ES).

Desse modo, o estudo utilizou o PCT como método de otimização do custo de transporte, cuja função objetivo é minimizar a máxima distância entre os pontos de demanda e as instalações mais próximas para uma maior efetividade da logística de distribuição, garantindo que as soluções encontradas possuem o menor custo de transporte possível a partir do conjunto de premissas adotadas.

A partir do exposto acima, as simulações dos cenários têm relação com o objetivo do trabalho ao revisar a designação da demanda a cada inserção de uma instalação fabril na rede logística da XPTO, de modo a minimizar o custo de transporte, auxiliando o processo gerencial da empresa e também a otimização da logística de distribuição de ureia, considerando o volume demandado pelas misturadoras dispersas pelo país no ano de 2012. As descrições dos cenários simulados estão dispostas na Tabela 3. Essas simulações foram realizadas a cada inserção de uma UFN na rede logística da XPTO, considerando:

- (i) a localização das plantas industriais;
- (ii) o custo de transporte de cada ponto de fornecimento para cada ponto de demanda;
- (iii) as restrições de capacidade de oferta, e
- (iv) o atendimento de toda a demanda, tendo como referência o custo de transporte entre as fábricas e os pontos de demanda.

Tabela 3

Definições dos cenários para as simulações.

Cenário	Simulação	Capacidade/ Oferta - UFNs	Importação	Total demanda em 2012
1	Alocação da demanda nas instalações UFNSE e UFN-BA	955.000,0	3.468.870,38	4.423.870,38
2	Alocação da demanda nas instalações da UFN-PR, perante a existência das fábricas localizadas no cenário 1.	1.375.000	3.048.870,38	4.423.870,38
3	Alocação da demanda nas instalações da UFN III, perante a existência das fábricas localizadas nos cenários 1 e 2.	2.302.000	2.121.870,38	4.423.870,38
4	Alocação da demanda nas instalações da UFN IV, perante a existência das fábricas localizadas nos cenários 1, 2 e 3.	2.874.000	1.549.870,38	4.423.870,38

É importante observar que a quantidade de ureia recebida pelos portos é variável em função do aumento da capacidade de oferta a cada inserção de uma nova fábrica na rede logística da empresa XPTO, levando à substituição da importação pela produção nacional da XPTO.

Após o levantamento das variáveis acima, foi aplicado o PCT por meio da linguagem de modelagem AMPL. A partir da resolução do PCT, o presente trabalho corroborou as teorias de Melo et al. (2009), Jayaraman e Ross (2003), Syarif et al. (2002) e Jayaraman e Pirkul (2001), ao revisar a designação da demanda por ureia por meio das simulações de cenários de inserções de novas UFNs a partir das mudanças na rede logística da XPTO.

O objetivo de todos os cenários simulados foi realocar a demanda nacional por ureia com o menor custo de transporte nas instalações da rede logística da XPTO e portos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A otimização do custo de transporte na logística de distribuição da ureia pode ser considerada um exemplo de alinhamento estratégico para a área de fertilizantes da XPTO, podendo gerar melhorias nos processos de entrega e maximização da margem do produto. O custo de transporte é um componente muito significativo nos custos finais do fertilizante, considerado um produto de baixo valor agregado e de grande volume.

A Tabela 4 apresenta o custo de transporte otimizado para a logística de distribuição de ureia, respeitando a capacidade de oferta das UFNs da empresa e considerando como demanda o volume de ureia comercializado no ano de 2012 no Brasil. Até julho/2013, com as UFNs de Sergipe e Bahia, o custo de transporte otimizado para a alocação de 955 mil toneladas de ureia da empresa XPTO e 3.468.870,38 toneladas advindas de importações foi de R\$ 436.781.000,00.

Com a inserção da UFN-PR, acrescentando 420 mil toneladas de ureia à capacidade de oferta da empresa XPTO, o custo de transporte otimizado para distribuir as atuais 1,375 milhão de toneladas de ureia da empresa XPTO e 3.048.870,38 toneladas originadas dos portos (advindas de importações) foi de R\$ 412.417.000,00

Para os cenários 3 e 4, em que as UFNs ainda não estão em operação, o presente trabalho apresenta o custo de transporte otimizado considerando a previsão da capacidade de oferta. Com a inserção das UFN III no estado do Mato Grosso do Sul, adicionando 927 mil toneladas de ureia à capacidade de oferta da XPTO, o custo de transporte otimizado será de R\$ 325.153.000,00 para cobrir a demanda nacional, ao distribuir 2,302 milhões de toneladas de ureia da empresa XPTO e 2.121.870,38 toneladas de ureia oriundas dos portos.

De acordo com os resultados gerados, a inserção da UFN III na rede logística da XPTO foi responsável pela redução do custo de transporte mais significativa entre esses cenários. O custo de transporte para realizar a distribuição da ureia no território nacional sofreu uma redução de 21,15% considerando essa inserção, indo ao encontro de Ballou (2001), que menciona economias anuais em torno de 15% após revisões da rede logística por meio do uso de modelos matemáticos (Jayaraman e Pirkul, 2001; Mazzali e Pilão, 2004; Xavier e Martins, 2011).

Entretanto a inserção da UFN IV no estado do Espírito Santo aumentou o custo de transporte otimizado para R\$ 335.601.000,00, ao alocar 2,874 milhões toneladas de ureia da XPTO e 1.549.870,38 toneladas de ureia importadas.

Tabela 4

Custo total de transporte otimizado.

Cenário	Fábricas	Custo de Transporte
1	UFN-SE e UNF-BA	R\$ 436.781.000,00
2	UFN-SE, UNF-BA e UFN-PR	R\$ 412.417.000,00
3	UFN-SE, UNF-BA, UFN-PR e UFN III	R\$ 325.153.000,00
4	UFN-SE, UNF-BA, UFN-PR, UFN III e UFN IV	R\$ 335.601.000,00

À medida que novas UFNs são inseridas na rede logística da XPTO, o custo de transporte para o fertilizante à base de ureia sofre alterações. Até a inserção da UFN IV, os custos de transporte para alocação da demanda nacional diminuem a cada cenário, uma vez que assim os clientes ficam mais próximos, reduzindo a distância entre origens e destino, consequentemente reduzindo o custo de transporte. Entende-se aqui que há uma relação direta entre as distâncias percorridas e os custos de transportes: quanto menor for a distância a ser percorrida entre o ponto de origem e o ponto de destino, menor será o custo de transporte e/ou deslocamento.

Entretanto, com a inserção da UFN IV em Linhares, Espírito Santo, o custo de transporte aumentou, refutando o exposto acima e indo ao encontro de Kouvelis et al. (2006) e Chopra e Meindl (2010), sugerindo que o custo total de transporte se reduz até certo nível à medida que novas instalações são inseridas na rede logística.

O presente estudo explorou a realocação da demanda a cada instalação de UFN inserida na rede logística da XPTO, com o intuito de minimizar o custo de transporte e melhorar o desempenho desta como um todo, a partir da modelagem centrada no fator transporte com a utilização do PCT. A partir da aplicação prática do PCT no estudo de caso foi possível analisar as inserções de novas UFNs na rede logística da XPTO por meio da mensuração do custo de transporte otimizado por intermédio das simulações dos cenários.

Contudo, na busca pela vantagem competitiva a partir da logística (Todolo e Bintecourt, 2006), deve se ter em mente a necessidade de considerar o custo total, a armazenagem e o preço do produto, entre outros, uma vez que o custo de transporte por si só não é conclusivo, pois a cadeia de valor de uma empresa ultrapassa os limites físicos da organização, inserindo-a em um sistema maior, em um processo de inter-relações e interdependência, envolvendo agentes internos e externos, viabilizando o suprimento de insumos, a transformação e a distribuição de produtos.

Para o fertilizante, o custo de transporte é muito significativo na formação de seu preço. Fatores como a localização da demanda distante dos pontos de oferta, o baixo valor agregado do produto, o volume transportado e a falta de isonomia tributária entre o produto nacional e o importado fazem com que o custo de transporte se torne uma variável importante.

O alcance dos objetivos se deu a partir dos resultados gerados pelas simulações. Nesse contexto, constatou-se que, à medida que se insere uma nova UFN, a demanda de fertilizante à base de ureia passa a ser realocada e os custos de transporte diminuem. Entretanto, com a inserção da última UFN na rede logística da empresa XPTO, houve aumento do custo de transporte.

Por fim, dada a natureza do estudo de caso, é possível considerar que a realocação da demanda em um planejamento de redes logísticas é um importante instrumento, sendo capaz de contribuir com a otimização na distribuição do produto, reduzindo o custo de transporte.

7. CONCLUSÕES

Os resultados observados fornecem *insights* aos tomadores de decisão do segmento industrial analisado e comprovam a relevância da reavaliação da rede logística, mais especificamente a realocação dos mercados consumidores às novas instalações de UFNs, considerando o impacto direto no custo de distribuição por influenciar o custo de transporte. Além do exposto acima, o estudo em questão contribui tanto para o campo acadêmico como para a prática ao reunir conceitos de logística e pesquisa operacional, aproximando a teoria com a realidade vivenciada pela organização. Profissionais e docentes podem utilizar a modelagem matemática da rede logística para desenvolver a integração da teoria com a realidade da tomada de decisão.

Já com a sociedade o trabalho contribui no que se refere à alocação da demanda por ureia com menor custo de transporte, para que o produto se torne competitivo frente ao produto importado. Com relação às limitações da pesquisa, a consideração das previsões da capacidade de oferta para as unidades de fertilizantes nitrogenados que estão em fase de construção/projeto pode ser uma limitação, visto que poderão não estar de acordo com a realidade destas quando em operação.

A capacidade ilimitada dos portos em receber fertilizantes também pode ser considerada uma limitação, pois podem existir portos com capacidade restrita de recebimento. Outras limitações apontadas são: a não consideração dos custos totais; a consideração exclusiva do transporte rodoviário, em detrimento de outros modos de transporte;

o estabelecimento de um valor médio do frete, ocasionando a omissão das variações nos custos de transporte, tais como condições de vias, cobrança de pedágios e frete de retorno; bem como a não consideração de aspectos tributários, pois geram impactos na rede logística.

Com base nas limitações acima citadas, emergem como aspectos a serem trabalhados em estudos futuros: (a) a correta informação sobre a capacidade de oferta das unidades de fertilizantes nitrogenados que estão em fase de construção/projeto, (b) a consideração de diferentes modos de transporte, como hidroviário, (c) a consideração de outras variáveis relevantes para o cálculo dos custos efetivos de transportes de modo mais amplo, como combustível, mão de obra, depreciação, manutenção, seguro do veículo, e (d) a consideração da estrutura do ICMS, que está associado ao planejamento de redes logísticas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Investimentos no Brasil**. São Paulo: ANDA, 2011. [Link](#). Acesso em: 14 jul. 2014.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. São Paulo: ANDA, 2017. [Link](#). Acesso em: 15 mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Setor de fertilizantes: anuário estatístico 2012**. São Paulo: ANDA, 2013.

BALLOU, R. H. Unresolved issues in supply chain network design. **Information Systems Frontiers**, [S. l.], v. n. 34, p. 417-426, 2001.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial** Porto Alegre: Bookman, 2006.

BARNEY, J. B. Resource-based theories of competitive advantage: a ten-year retrospective on the resource-based view. **Journal of management**, [S. l.], v. 27, n. 6, p. 643-650, 2001. DOI: [10.1177/014920630102700602](https://doi.org/10.1177/014920630102700602)

BERTRAND, J.; WILL M. J.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002. DOI: [10.1108/01443570210414338](https://doi.org/10.1108/01443570210414338)

BORELLA, C. M. R.; PADULA, A. D. Alignment between the supply, manufacturing and distribution strategies and the business strategy. **Journal of Operations and Supply Chain Management**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 44-60, 2010. DOI: [10.12660/joscmv3n2p44-60](https://doi.org/10.12660/joscmv3n2p44-60)

BOWERSOX, D. J.; CLOSS D. J.; COOPER, M. B. **2008 Gestão da cadeia de suprimentos e logística**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Fertilizantes, inoculantes e corretivos**. Brasília, DF: MAPA. [Link](#). Acesso em: 14 out. 2015.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. São Paulo: Pearson, 2010.

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. Fertilizantes: uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 24, p. 97-138, set. 2006.

FAVERO, L.; BELFIORE, P. **Pesquisa operacional para cursos de administração, contabilidade e economia**. São Paulo: Campus, 2012.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano estratégico da Petrobrás**. São Paulo: FIESP, 2020. [Link](#). Acesso em: 5 out. 2014.

FERNANDES, E.; GUIMARÃES, B. A.; MATHEUS, R. R. Principais empresas e grupos brasileiros do setor de fertilizantes. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 203-228, mar. 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS INTERNATIONAL. **Fertilizer strategies**.

- Fertilizer Industry**. Roma: FAO, 1999. [Link](#). Acesso em: 10 set. 2015.
- FOURER, R.; GAY, D. M.; KERNIGHAN, B. W. 2003. **AMPL**: a modeling language for mathematical programming. 2 ed. Canadá: Thomson, 2003. 526p.
- FRANCO, J. A. M. **Análise do mercado de fertilizantes**. [S. l.: s. n.], 2009. [Link](#). Acesso em: 3 maio, 2015.
- GONÇALVES, J. S.; FERREIRA, C. R. R. P. T.; Souza, S. A. M. Produção nacional de fertilizantes, processo de desconcentração regional e maior dependência externa. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 8, p. 79-81, ago. 2008.
- HECKENMÜLLER, M.; NARITA, D.; KLEPPER, G. Global availability of phosphorus and its implications for global food supply: an economic overview. **Kiel Working Paper**, [S. l.], n. 1897, p. 2-26, Jan. 2014.
- HUMMELS, D. Transportation costs and international trade in the second era of globalization. **The Journal of Economic Perspectives**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 131-154, 2007. DOI: [10.1257/089533007781798249](#)
- IBM CPLEX**. [Link](#). Acesso em: 4 jun. 2014.
- JAYARAMAN, V.; ROSS, A. A simulated annealing methodology to distribution network design and management. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 144, n. 3. p. 629-645, Feb. 2003. DOI: [10.1016/S0377-2217\(02\)00153-4](#)
- JAYARAMAN, V.; PIRKUL, H. Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities. **European Journal of Operational Research** [S. l.], v. 133, n. 2, p. 394-408 2001. DOI: [10.1016/S0377-2217\(00\)00033-3](#)
- JOSHI, M.; KATHURIA, R.; PORTH, S. J. Alignment of strategic priorities and performance: an integration of operations and strategic management perspectives. **Journal of Operation Management**. [S. l.], v. 21, p. 353-369, 2003. DOI: [10.1016/S0272-6963\(03\)00003-2](#)
- KOUVELIS, P.; CHAMBERS, C.; WANG, H. Supply chain management research, production and operations management: review, trends and opportunities. **Production and Operations Management**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 449-469, 2006. DOI: [10.1111/j.1937-5956.2006.tb00257.x](#)
- MAZZALI, L., PILÃO, W. Logistics and value aggregation on commodities. **BASE-Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**, São Leopoldo, v. 1, n. 2, p. 15-24, set./dez. 2004.
- MEDEIROS. V. Z.; CALDEIRA. A. M.; PACHECO. G. L.; MACHADO. M. A. S.; GASSENFERTH. W. **Métodos quantitativos com excel**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- MELO, M. T., NICKEL, S., DA GAMA, F. S. Dynamic multi-commodity capacitated facility location: a mathematical modelling framework for strategic supply chain lanning. **Computers & Operations Research**, [S. l.], v. 33, n. 1, p. 181-208, 2006. DOI: [10.1016/j.cor.2004.07.005](#)
- MELO, M. T.; NICKEL, S.; GAMA, S. F. Facility location and supply chain management - a review. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 196, n. 2, p. 401-412, 2009. DOI: [10.1016/j.ejor.2008.05.007](#)
- MITTAL, N.; BOILE, M.; BAVEJA, A.; THEOFANIS, S. Determining optimal inland-empty-container depot locations under stochastic demand. **Research in Transportation Economics**, [S. l.], v. 42, n. 1, p. 50-60, 2013. DOI: [10.1016/j.retrec.2012.11.007](#)
- OLIVEIRA, J.; LEITE, A. Modelo analítico de suporte à configuração e integração da cadeia de suprimentos. **Gest. Prod**, São Carlos, v. 17, n. 3, p. 447-463, 2010.
- PAGH, J. D., COOPER, M. C. Supply chain postponement and speculation strategies: how to choose the right strategy. **Journal of Business Logistics**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 13, 1998.
- RAGEL, S. **Introdução à construção de modelos de otimização linear e inteira**. São Carlos, Plêiade, 2005.
- RESENDE, P. T. V.; MENDONÇA, G. D. Práticas de gestão de estoques, armazenagem e transporte nos canais de

distribuição brasileiros. *In*: ENCONTRO DA ANPAD, 31., 2007, Rio de Janeiro, **Anais** [...]. Rio de Janeiro: ANPAD, 2007. p. 1-14.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE FRETES. **Anuário 2012**. [S. l.]: SIFRECA, 2012. [Link](#). Acesso em: 14 jul. 2014.

SYARIF, A.; YUN, Y.; GEN, M. Study on multi-stage logistic chain network: a spanning tree-based genetic algorithm approach. **Computers & Industrial Engineering**, [S. l.], v. 43, n. 1, p. 299-314, 2002. DOI: [10.1016/S0360-8352\(02\)00076-1](#)

TONDOLO, V. A. G.; BITENCOURT, C. C. A importância de um complexo portuário para o agronegócio cooperativo no estado do Rio Grande do Sul. **BASE-Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**, São Leopoldo, v. 3, n. 1, p. 34-43, 2006.

XAVIER, W. S.; MARTINS, R. S. Impacts of decision and planning structures on strategies of logistics: a multi-case study in the furniture sector. **BASE-Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**, São Leopoldo, v. 8, n. 2 p. 122-132, 2011. DOI: [10.4013/base.2011.82.02](#)

YIN, R. K. **Estudo de caso**. Planejamento e métodos. Porto Alegre: Artmed, 2010.

YOSHIZAKI, H. T. Y. **Projeto de redes de distribuição física considerando a influência do imposto de circulação de mercadorias e serviços**. 2002. 144f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

Contato:

Alessandra Andrade Pereira
E-mail: alessandraandradepereira@yahoo.com.br

Murilo Alvarenga Oliveira
E-mail: malvarenga@id.uff.br

Submetido em: 25/04/2019
Revisado em: 15/06/2020
Aprovado em: 30/10/2020