



*Confederação Nacional da Indústria*

## **Prêmio CNI de Economia - 2015**

### **A Influência do Planejamento Tributário no Desenho da Rede de Distribuição e na Localização de Centros de Distribuição**

Categoria: Efeitos das Políticas Fiscal e Tributária sobre a  
Competitividade

Classificação: Menção Honrosa

Daniel Prado do Espírito Santo (PUC-Rio)

Hugo Miguel Varela Repolho (PUC-Rio)

# PRÊMIO CNI DE ECONOMIA 2015

Categoria:

**Efeitos das Políticas Fiscal e Tributária  
sobre a Competitividade**

Título:

**A Influência do Planejamento Tributário  
no Desenho da Rede de Distribuição e na  
Localização de Centros de Distribuição**

Autores e Afiliação:

**Daniel P. Espírito Santo**

Mestrando, Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade  
Católica do Rio de Janeiro, 22451-900, Brasil.  
E-mail: dapraes@hotmail.com

**Hugo M. Repolho**

Professor, Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade  
Católica do Rio de Janeiro, 22451-900, Brasil.  
Email: hugorepolho@puc-rio.br

**Resumo:**

*A inclusão da gestão tributária no planejamento da cadeia de distribuição é fator diferenciador, especialmente no Brasil onde os Estados têm políticas tributárias díspares. Propõe-se um modelo de localização de centros de distribuição que inclui parâmetros e fatores relativos às restrições e oportunidades criadas pelas políticas tributárias Brasileiras. O objetivo é definir o número e local de centros de distribuição, e a alocação de clientes, tal que o custo logístico seja minimizado. O modelo é aplicado a uma empresa brasileira de produtos químicos com o objetivo de determinar se é benéfica a construção de um novo centro de distribuição.*

*Palavras chave: Localização, Cadeia de distribuição, Gestão Tributária.*

**1. Introdução**

Com o aumento da competitividade entre as empresas, as oportunidades de ganho nos diversos elos da cadeia de suprimento podem proporcionar vantagens e fazer diferença. As técnicas logísticas modernas procuram otimizar cada ponto da cadeia logística, tendo em vista a otimização global do sistema, isto é, a minimização dos custos envolvidos em cada etapa e a maximização do nível de serviço prestado. O peso da carga tributária, em especial na área de impostos indiretos incidentes sobre a área produtiva, é um fator com grande margem de melhoria em particular em realidades como a Brasileira, na qual existem diferentes esferas de cobrança fiscal e políticas tributárias diferenciadas entre Unidades Federativas.

Nos últimos anos o Governo Brasileiro tem aprimorado os mecanismos de controle e fiscalização na área tributária. Como consequência, as empresas investem cada vez mais na procura de lacunas na legislação e de mecanismos que evitem eventuais descumprimentos de obrigações que representem risco de autuação fiscal.

É válido afirmar que todos devem tacitamente conhecer toda a legislação fiscal e tributária, bem como atender a todos os requisitos. Também é válido concluir que, ao conhecer a legislação, as empresas devem procurar alternativas dentro da lei para minimizar os custos fiscais e tributários sem, no entanto, burlar a lei. Assim, um bom planejamento tributário pode fazer com que alternativas legais sejam analisadas, de forma que se possam adotar medidas que se adaptem melhor, reduzindo o montante despendido.

Segundo Oliveira (2003), “Planejamento Tributário é a atividade empresarial que, desenvolvendo-se de forma estritamente preventiva, projeta os atos e fatos administrativos com o objetivo de informar quais os ônus tributários em cada uma das opções legais disponíveis.” O objetivo último é identificar quais as alternativas legais para diminuir o ônus tributário. Krauspenhar (2005) afirma que a utilização da elisão fiscal, planejamento tributário aplicado com o objetivo de obter a maior economia fiscal possível, reduzindo a carga tributária para o mínimo valor realmente devido por lei, é a única forma lícita que o gestor da cadeia de suprimento dispõe para reduzir a carga tributária, sem que, com isso, ocorra qualquer tipo de penalidade ou ilicitude.

Embora os resultados das empresas sirvam de base para a apuração dos impostos, entende-se que a escolha na forma de tributação pode ser uma fatia importante na obtenção de melhores resultados.

A “Guerra Fiscal” travada entre Estados brasileiros também é uma alternativa que vem sendo utilizada como forma de minimizar custos tributários. A inserção das empresas nas políticas de incentivos fiscais oferecidas por alguns Estados permitem atingir os objetivos principais desses Estados: atração das empresas para dentro de suas áreas territoriais e assim proporcionar a elevação dos níveis de emprego e renda da região (PORSSE et al., 1999), além de incrementar a arrecadação de recursos provenientes dos impostos a serem pagos.

A ausência de uma legislação específica para as atividades relacionadas à logística de armazenagem e distribuição, principalmente em relação ao ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços -, que é diretamente ligada às atividades de armazenagem (prestação de serviços) e transporte (circulação de mercadorias) contribui para que as empresas procurem formas alternativas para atender seus clientes. O Planejamento Tributário assume, portanto, um papel cada vez mais relevante na tomada de decisões logísticas, pois não se deve deixar de recolher impostos apropriadamente nem correr riscos fiscais. Os

custos gerados por decisões fiscais equivocadas podem ser mais significativos que os custos logísticos, pois o não cumprimento das obrigações gera um risco passível de altas penalizações pecuniárias, o que pode colocar em risco a viabilidade de realizar as operações da cadeia de suprimentos.

Além dos riscos fiscais, Bertolucci e Nascimento (2011) realizaram uma pesquisa com 25 empresas no Brasil e levantaram o chamado Custo de Conformidade, que abrange as pessoas físicas e jurídicas no cumprimento das obrigações principais e acessórias definidas pelo Poder Público. Este custo oscila entre 0,32% e 1,66% da sua receita bruta, de acordo com o porte da empresa. Tal custo também é extremamente relevante e deve ser considerado nos estudos de gestão da cadeia de suprimento.

Este artigo pretende demonstrar que a inclusão do planejamento tributário no planejamento das operações logísticas pode gerar ganhos significativos. Em particular, o estudo pretende determinar qual a localização ótima de um ou mais centros de distribuição responsáveis pelo abastecimento de um conjunto de clientes. Para além dos custos tributários serão contabilizados os custos de implantação de novas infraestruturas, os custos de transportes e o nível de serviço pretendido. Para tal foi desenvolvido um modelo de programação linear inteira mista baseado no modelo clássico de p-mediana para um sistema de distribuição com intermediário e considerando parâmetros de custo customizados referentes às obrigações tributárias vigentes em cada caso.

O modelo é aplicado a uma empresa distribuidora de produtos químicos localizada na região Sul e Sudeste do Brasil. Os resultados obtidos através do modelo revelaram uma alternativa com menores custos totais para a rede de distribuição em comparação com a que atualmente é operada.

O artigo está organizado nas seguintes seções: a seção 2 faz revisão dos conceitos de tributação, alternativas fiscais, teoria de localização e modelos de localização; a seção 3 introduz o modelo de programação linear desenvolvido pelos autores do artigo; a seção 4 apresenta o estudo de caso e os resultados obtidos pela aplicação do modelo introduzido na seção 3; finalmente a seção 5 apresenta as principais conclusões do trabalho.

## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1 Tributação**

No contexto da cadeia de suprimentos, o planejamento tributário representa um diferencial competitivo altamente relevante, pois afeta a margem de lucro das empresas. Cabe ao gestor da cadeia avaliar as melhores alternativas para que se possa obter economia financeira entre os elos a partir do momento em que se escolhe uma modalidade de tributação permitida pela legislação brasileira.

O Código Tributário Nacional, em seu artigo 3º, define tributo como “toda prestação pecuniária compulsória em moeda ou cujo valor nela se possa exprimir, que não constitua sanção de ato ilícito, instituída em lei e cobrada mediante atividade administrativa plenamente vinculada”.

A Lei 5172/66, regida pela Emenda Constitucional nº 18 de 1º de dezembro de 1965 regula o Sistema Tributário Nacional (STN) e é citada como fundamentação do Artigo 24, inciso I da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, onde é dito que “Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre o direito tributário, financeiro, penitenciário, econômico e urbanístico”.

Araújo e Matias (2010) apresentam as cinco espécies de tributos que o país possui em sua estrutura normativa:

- Impostos (competência comum entre União, Estados e Municípios);
- Taxas (competência comum entre União, Estados e Municípios);
- Contribuições de Melhoria (competência comum);
- Empréstimos Compulsórios (competência da União);
- Contribuições Especiais – previdenciárias, sindicais, sociais, órgãos reguladores do exercício de atividades profissionais (competência da União).

Segundo o Código Tributário Nacional, em seu artigo 16, impostos são tributos cuja obrigação tem por fato gerador uma situação independente de qualquer atividade estatal específica, relativa ao contribuinte, o que significa que, depois de sancionada a lei, todos devem pagar, podendo ser aplicados conforme a necessidade do Estado, explicam Araújo e Matias (2010).

A carga tributária no Brasil tem aumentado a cada ano, conforme indica a Figura 1. O gestor deverá saber avaliar sua estratégia e entender em qual situação a cadeia poderá ser tributada, de forma que seja gerada a maior economia financeira.

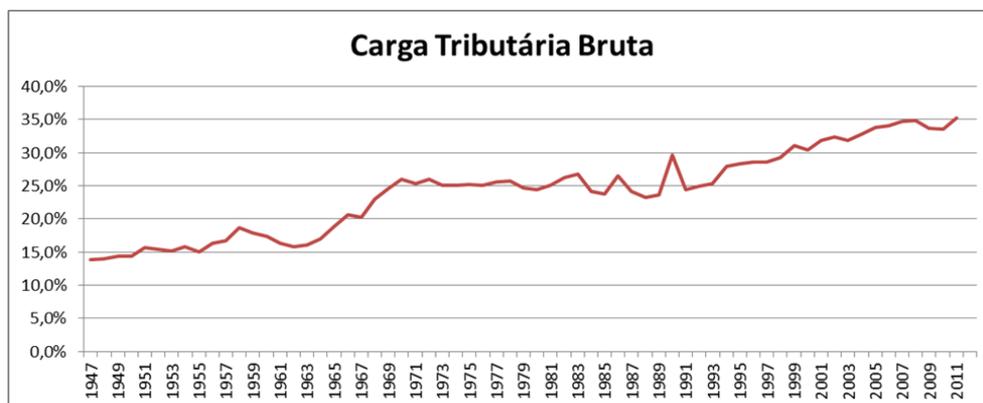


Figura 1 - Evolução Carga Tributária, percentual do total dos impostos em relação ao PIB (Produto Interno Bruto) no período de 1947 a 2011. Fonte [www.receita.fazenda.gov.br](http://www.receita.fazenda.gov.br)

Cabe ressaltar que as alíquotas têm sofrido alterações constantes, em decorrência de circunstâncias políticas e econômicas do momento. Em cada caso podem ser criadas condições especiais que beneficiem determinado segmento da indústria ou comércio. Atualmente são tantas as regras e exceções aplicadas e modificadas periodicamente que qualquer estudo corre o risco de ficar defasado em questão de dias. Werneck (2011) afirma que o Sistema Tributário Nacional sofreu sucessivos remendos, gerando um grande ônus para a economia neste processo. O impacto ao longo da cadeia de suprimentos deve ser visto de forma sistêmica e não somente a cada etapa. Alguns tributos possuem como característica o fato de serem compensados a cada transferência entre os elos da cadeia (ICMS), já outros incidem em apenas um dos elos, mas possuem em sua definição o mesmo conceito de compensação. Por último, tem-se um grupo de impostos que incidem de forma independente a cada elo da cadeia. Não é este o objetivo deste artigo, mas fazer entender o desafio dos planejadores tributários dentro das empresas.

Sobre as atividades logísticas da cadeia de suprimentos, incidem vários tipos de impostos no Brasil. Abaixo segue uma breve descrição dos principais impostos que são cobrados em cada esfera governamental:

### **2.1.1. Tributos Federais**

Pelo menos quatro impostos principais são cobrados atualmente pelo Governo Federal sobre as atividades de transporte e armazenagem:

- Imposto de Renda sobre Pessoa Jurídica (IRPJ)
- Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL)
- Programa de Integração Social (PIS)
- Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS)

### **2.1.2 Tributos Estaduais**

O principal imposto que incide sobre as atividades da cadeia de suprimentos em nível estadual é o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS).

Criado na Constituição de 1988, o ICMS é gerado a cada movimentação de produtos e serviços entre Estados e municípios por quaisquer razões, seja venda, transferência ou doação. “O ICMS incide sobre a circulação de mercadorias, prestações de serviços de transporte interestadual, ou intermunicipal, de comunicações, de energia elétrica, sendo que sua alíquota varia de acordo com o tipo de produto vendido, modalidade de comercialização, por Estado ou prestação de serviço” (LIZOTE e BIDINHA, 2012).

Cada Estado brasileiro cobra uma alíquota referente ao ICMS. Os Estados podem tornar-se mais competitivos do que outros devido a esta diferença.

### **2.1.3 Tributos Municipais**

A Emenda Constitucional nº 18/65 trouxe o imposto sobre serviços de qualquer natureza (ISS), substituto do então chamado imposto de indústrias e profissões. A Constituição de 1988 manteve as linhas gerais, excluindo da base dos fatos geradores deste imposto aqueles que já geram a cobrança do ICMS.

O ISS gera cobrança de taxa sobre qualquer prestação de serviço ocorrido no Município tomador. O serviço considera-se prestado e o imposto devido no local do estabelecimento prestador ou, na falta do estabelecimento, no local do domicílio do prestador, com exceções regulamentadas em Lei.

## **2.2 Alternativas Fiscais**

No campo fiscal, existem algumas alternativas que o gestor pode adotar para complementar o conjunto de medidas que visa à economia de escala na cadeia como um todo. O objetivo desta seção é apresentar algumas formas em que se pode minimizar o pagamento do ICMS através do planejamento tributário (elisão fiscal), de acordo com as características de cada cadeia de suprimento.

### **2.2.1 Utilização de Armazém Geral**

O modelo de Armazém Geral permite que os operadores logísticos realizem suas atividades de armazenagem e distribuição de produtos com um regime de tributação diferenciado. É uma atividade fiscal vinculada à legislação da Junta Comercial prevista nos regulamentos de ICMS dos Estados, portanto, não basta ter apenas o CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica e a inscrição estadual com o CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) de armazém geral para operar como Armazém Geral, é preciso também o cadastro na Junta Comercial.

### **2.2.2 Abertura de Filial**

Uma das alternativas fiscais que tem sido adotadas por empresas que preferem não utilizar Armazéns Gerais, por acreditar que não devem perder o controle da emissão de notas ou que seus sistemas não sejam compatíveis, é a abertura de filiais dentro do depósito do operador logístico. Cada filial tem atividade fiscal própria, cabendo a cada uma a responsabilidade fiscal pelo estoque.

A desvantagem na modalidade reside em que cada empresa que abra uma filial dentro de um depósito deverá ter sua carga devidamente segregada fisicamente das cargas das demais empresas, o que não acontecia na modalidade de Armazém Geral. Isto fatalmente gera maiores custos, pois certamente demandará mais recursos para a movimentação de estoques, além de perda de área útil de armazenagem.

### **2.2.3 Depósito Fechado**

O Depósito Fechado tem características semelhantes às do Armazém Geral e é aplicável às empresas que não querem operar com Armazéns Gerais por incompatibilidade de sistemas. O Depósito Fechado não realiza vendas, apenas entregas.

#### **2.2.4 Consignação Industrial**

Este caso é específico de negociação entre fornecedor e indústria. O fornecedor envia as mercadorias para a unidade fabril, através de nota fiscal de remessa, com a devida tributação dos impostos, porém, o faturamento ocorre apenas com a utilização do insumo na linha de produção.

#### **2.3 Incentivos Fiscais e Tributários**

Os Estados brasileiros têm concedido incentivos fiscais e tributários para a atividade industrial, comercial, de importação e para operadores logísticos de Centros de Distribuição. O objetivo é atrair empresas para dentro de seus limites territoriais e, com isso, conseguir dividendos políticos devido ao consequente aumento do nível de emprego. Os Centros de Distribuição podem ser abertos em diversas modalidades. A saber: empresa prestadora de serviços logísticos, armazém geral, comércio atacadista, sede da empresa depositante ou ainda constituição de uma nova empresa.

A escolha da localização ótima dos Centros de Distribuição é condicionada por estes incentivos fiscais e tributários. Por esse motivo, gestores fiscais e tributários, em conjunto com o gestor da cadeia de suprimentos, deverão analisar em conjunto as vantagens e desvantagens que estes incentivos podem proporcionar, verificando todas as oportunidades e riscos que a legislação de cada Estado e Município oferece.

Normalmente os incentivos fiscais e tributários oferecidos são reduções, isenções ou eliminação direta ou indireta de alíquotas de impostos, financiamentos e prorrogação de prazos de pagamento de tributos, além da oportunidade de utilização de créditos presumidos como base de tributação. São regidos pela Constituição Federal e acordados entre as federações por meio de convênios.

Na seção 4 - Estudo de Caso - serão analisados os benefícios fiscais oferecidos pelo Estado de Santa Catarina. A empresa estudada fará uso da opção de tributação pelo crédito presumido, que é um crédito atribuído à empresa sem a tributação correspondente na fase anterior.

## 2.4 Localização de Instalações - Histórico

Teoria de localização é um tema bastante relevante no ambiente acadêmico e com aplicação direta na sociedade civil, em particular no mundo empresarial. Busca-se encontrar os locais para situar as instalações de forma a maximizar uma dada função objetivo (minimizar o custo, maximizar a acessibilidade, maximizar a cobertura, dentre outros) e garantir que as restrições impostas (e.g, mão de obra, recursos naturais, vantagens financeiras, distância entre pontos de apoio, rotas, etc.) são cumpridas. A localização ótima depende da medida da eficiência do sistema, ou seja, da função objetivo.

Antes do envolvimento das questões econômicas, Fermat (1601-1665) já havia formulado questões puramente matemáticas quanto à localização: sendo dados três pontos em um plano, procurava-se a localização de um quarto ponto que minimizasse a soma das distâncias entre eles. Também se credencia a Torricelli (1608-1647) várias soluções para o problema assim descrito. Além destes, vários matemáticos da época se voltaram à geometria para a solução de problemas de medianas não ponderadas.

Desde o início do século XIX existem registros de estudos acerca do tema envolvendo questões além da geometria. Na época da primeira Revolução Industrial na Inglaterra, o alemão Von Thünen (1826) propôs um modelo de localização no qual as atividades agrícolas dispersas ao redor de um centro urbano, são agrupadas formando cinturões ou anéis, que têm sua localização determinada, principalmente, pela distância da cidade central (KRUGMAN, 1997). O Modelo de Von Thünen utiliza de um ferramental matemático para encontrar a distribuição ótima das atividades agrícolas de forma que se obtenha o lucro máximo entre a combinação da produtividade no campo e a distância aos mercados e o custo de transporte.

O nascimento da teoria moderna de localização industrial é datado em 1909, ano no qual outro alemão, o economista Alfred Weber, publicou o seu livro intitulado *Über den Standort der Industrien* – “Sobre a Localização das Indústrias”. Weber acrescentou questões econômicas aos problemas, ponderando fatores como custos e distâncias entre o mercado fornecedor e consumidor e minimizando distâncias ponderadas entre estes mercados. Previamente, seu compatriota Launhardt (*Mathematische Begründung der Volkswirtschaftslehre* – Raciocínio Matemático em Economia, 1885) publicou como a localização ótima pode ser

determinada quando se tem duas fontes de matéria prima e um mercado, situação representada pelos lados de um triângulo.

Christaller (1933) desenvolveu em sua tese de doutorado a Teoria do Lugar Central, onde se concebia que os lugares econômicos seguiam uma lógica hierárquica de acordo com uma rede de interdependência que tenderia de forma natural à centralização.

Já Lösch (1940) indicou em seu trabalho que as atividades econômicas estariam no centro das áreas de mercado, que, por suposição, eram uniformes no espaço geográfico. O modelo combinava escala e custos de transporte. (LIBERATO, 2008).

O trabalho de Isard (1956), que interliga questões sócio-econômicas e localização de instalações, provocou o surgimento da ciência regional e serve como referência para estudos e planejamentos regionais até os dias atuais, segundo Liberato (2008).

Koopmans e Beckmann, em 1957, desenvolveram um modelo matemático, o Problema Quadrático de Alocação (QAP – Quadratic Assignment Problem) para localizar "as atividades econômicas indivisíveis". O objetivo do problema consiste em atribuir um conjunto de instalações para um conjunto de locais de tal maneira a minimizar o custo total de atribuição. O custo de atribuição de um par de instalações é uma função do fluxo entre as instalações e a distância entre os locais das instalações.

Cooper (1963) propôs cálculos utilizando a programação linear nos modelos location allocation, para que se pudessem localizar novas instalações de modo que o custo de transporte a partir das instalações do cliente seja minimizado. Foram apresentados um método exato e uma heurística para a resolução do problema de alocação e localização. Daí por diante, diversos estudos foram realizados e criados diversos algoritmos visando o aperfeiçoamento do sistema proposto, ou seja, da função objetivo considerando as suas restrições.

Hakimi (1964) publicou um trabalho sobre localização otimizada de centros de comutação, centróides e medianas, onde formulou o modelo p-mediana. O modelo de p-mediana seleciona p locais ou instalações em uma rede entre n vértices ou demandas desta rede que minimizam a soma das distâncias ponderadas entre instalações e pontos de demanda. Hakimi (1964) mostrou que

é suficiente olhar a demanda para a seleção, mostrando que uma solução ótima estará contida neste conjunto (método p-centro).

Diversas formas de abordagem para solucionar o modelo de p-mediana foram identificadas desde então. ReVelle e Swain (1970) prepararam uma programação linear inteira para, primeiramente, resolver por relaxação linear e então, aplicar o modelo Branch & Bound. Narula et al, (1977), Cornuejols et al, (1977) e Fisher (1985) lançaram mão da relaxação Lagrangeana, Erlenkotter (1978) e Galvão (1980) utilizaram a programação linear dupla.

À medida que o tempo vem avançando e os problemas vão ficando mais complexos, os recursos computacionais e a sofisticação do método de resolução deverão acompanhar esta evolução. São utilizados modelos de resolução em softwares de Pesquisa Operacional desde o método Simplex padrão ou com uso de ferramentas computacionais mais desenvolvidas para planos de corte, e.g. CPLEX®, XPRESS® ou BARON®, porém os métodos heurísticos são mais indicados para serem utilizados em problemas muito grandes e mais reais.

O primeiro método heurístico para problemas de p-mediana sem capacidade foi apresentado por Maranzana (1964). É um algoritmo rápido, porém pouco preciso. Desde então, os métodos heurísticos apresentados foram capazes de melhorar Maranzana (exceto os de método “guloso”). É o caso de Teitz e Bart (1968), que apresentaram um método aproximado para encontrar a mediana de um grafo ponderado, com a troca de vértices partindo de uma solução aleatória inicial.

Hoje muitos autores procuram revisar, consolidar e melhorar modelos já existentes, como é possível ver nas obras de Church & ReVelle (1974), Church & Gerrard (2003), Daskin (1995), Owen & Daskin (1998), Current (2002), ReVelle e Eiselt (2005), dentre muitos outros.

### **3. Abordagem Matemática**

Os modelos de planejamento de localização de instalações são definidos por Repolho et al. (2011) como modelos de otimização inteiros destinados a ajudar os tomadores de decisão na escolha da melhor localização e tamanho de qualquer tipo e número de instalações.

O modelo de planejamento desenvolvido insere a componente tributária em uma lógica de programação, de forma que a influência dos fatores tributários para a localização de instalações e para a gestão da cadeia de suprimentos seja tida em conta. O modelo matemático desenvolvido baseia-se no modelo de p-mediana. Segue-se uma listagem dos parâmetros e variáveis de decisão necessários para formular o modelo.

#### Conjuntos:

Conjunto de Locais de Origem ( $k \in K$ ): {1, 2, ..., n}

Conjunto de Locais Candidatos a Centro(s) de Distribuição ( $m \in M$ ): {1, 2, ..., n}

Conjunto de Locais onde estão os Clientes - Demanda ( $i \in I$ ): {1, 2, ..., n}

#### Parâmetros

**DKM(m)** = distância entre a origem localizada em  $k \in K$  ao Centro de Distribuição localizado em  $m \in M$ ;

**DMI(i)** = distância entre o Centro de Distribuição localizado em  $m \in M$  ao cliente localizado em  $i \in I$ ;

**FK(k)** = custo fixo do armazém da origem localizada em  $k$

**FM(m)** = custo fixo da instalação do Centro de Distribuição no local  $m$

**WI(i)** = peso ou importância do cliente (demanda do cliente)  $i$

**HKM(m)** = Custo tributario referente a mudança de alíquota de ICMS para transferir carga entre a origem localizada em  $k \in K$  e o Centro de Distribuição localizado em  $m \in M$

**GMI(i)** = Custo tributario referente a mudança de alíquota de ICMS para transferir carga entre o Centro de Distribuição localizado em  $m \in M$  e o cliente localizado em  $i \in I$

**CFM(m)** = Custo do frete por tonelada e quilometro entre o Centro de Distribuição localizado em  $m \in M$  e o cliente localizado em  $i \in I$

**CFK(k)** = Custo do frete por tonelada e quilometro entre a origem localizada em  $k \in K$  e o Centro de Distribuição localizado em  $m \in M$

**PKM(m)** = Custo tributario sobre o frete de transferencia de carga entre a origem localizada em  $k \in K$  e o Centro de Distribuição localizado em  $m \in M$

**QMI(i)** = Custo tributario sobre o frete de transferencia de carga entre o Centro de Distribuição localizado em  $m \in M$  e o cliente localizado em  $i \in I$

**CU** = Custo Unitário da Carga

Variáveis de Decisão:

**ZK(k)** = 1, se for origem da carga; **ZK** = 0, caso contrário

**YM(m)** = 1, se for Centro de Distribuição; **YM** = 0, caso contrário

**XKMI(k,m,i)** = 1, se cliente  $i$  recebe carga com origem em  $k$  passando por  $m$ ; **XKMI** = 0, caso contrário

O objetivo do modelo é definir a rede de distribuição dos produtos tal que o somatório dos custos operacionais relativos a transferências, de produtos, custos tributários e custos de instalação e manutenção dos centros de distribuição sejam minimizados. A definição da rede passa pela identificação dos pontos de origem de carga (numa perspectiva de carga importada) e a localização de centros de distribuição tal que toda a demanda dos clientes seja atendida.

De seguida apresenta-se o modelo matemático desenvolvido.

$$\begin{aligned}
 (1) \text{Minimize} \quad & \sum_{k \in K} \sum_{m \in M} \sum_{i \in I} W(i) * (CFM(m, i) * DMI(m, i) / GMI(m, i)) + W(i) \\
 & * (CFK(k, m) * DKM(k, m) / HKM(k, m)) \\
 & + \sum_{k \in K} ZK * FK(k) \\
 & + \sum_{m \in M} YM * FM(m) \\
 & + \sum_{k \in K} \sum_{m \in M} \sum_{i \in I} (CU * W(i) / (PKM(k, m) + QMI(m, i))) * XKMI
 \end{aligned}$$

S.a.

$$(2) \quad \sum_k \sum_m XKMI = 1 \quad \forall i$$

$$(3) \quad XKMI \leq ZK \quad \forall k, \forall m, \forall i$$

$$(4) \quad XKMI \leq YM \quad \forall k, \forall m, \forall i$$

$$(5) \quad ZK \in \{0,1\}$$

$$(6) \quad YM \in \{0,1\}$$

$$(7) \quad XKMI \in \{0,1\}$$

A função objetivo (1) minimiza o somatório das distâncias ponderadas pelos custos de frete, custo unitário do produto e demanda do cliente entre os trechos Origem-Centro de Distribuição e Centro de Distribuição-Cliente, mais os custos fixos de instalação e os custos tributários referentes à transferência de produtos Origem-CD e CD-Cliente. Os custos tributários ocorrem entre mudanças de alíquotas de produtos e de fretes ao realizar cada transferência de localização.

A restrição (2) diz que todo cliente deverá receber carga de um fornecedor que necessariamente passará pelo Centro de Distribuição. Considera-se, no entanto, que o ponto de origem poderá ser esta instalação, pois há vértices em comum que  $\in K$  e também  $\in M$ .

Em (3) e (4) são restrições de integralidade, onde cada rota precisa que haja pelo menos uma origem (3) e um Centro de Distribuição(4).

As restrições (5), (6) e (7) são variáveis de decisão do tipo binário que definem o domínio da variáveis.

#### 4. Estudo de Caso

A empresa a ser estudada é a maior fornecedora de Carbonato de Sódio Anidro do país, com aproximadamente 45% do mercado. Por se tratar de produtos importados através de navios, suas instalações estão localizadas próximas ao terminal portuário de São Francisco do Sul (SC), pois favorece a operação de recepção da carga em seus armazéns. O Estado de Santa Catarina oferece um

programa de incentivos fiscais e tributários e a empresa em estudo está inserida neste programa.

As maiores indústrias consumidoras dos produtos químicos comercializados pela empresa, bem como os representantes comerciais e distribuidores mais expressivos estão localizados fora da área de abrangência dos portos, na qual os armazéns desta empresa estão localizados. A grande maioria dos deslocamentos necessários para a entrega destes produtos no cliente final ultrapassa 600 quilômetros.

Coloca-se a questão de saber se os incentivos fiscais oferecidos pelo Estado de Santa Catarina são suficientes para justificarem a localização das infraestruturas de distribuição longe dos mercados de consumo, maioritariamente localizados no Estado de São Paulo, ou se pelo contrário seria mais razoável abdicar desses incentivos e estabelecer uma rede de distribuição mais próxima do mercado final. A possibilidade de utilização de um Centro de Distribuição será analisada e será avaliado se esta instalação tornará o processo mais eficiente, levando-se em conta os custos fiscais, logísticos e a melhoria no nível de serviço.

#### **4.1 Dados de Demanda**

Primeiramente serão informados os dados de demanda por Estado. Estes dados foram obtidos através dos relatórios de vendas do produtos da empresa entre 2011 e 2014, já que é o período no qual a política comercial toma velocidade de cruzeiro após a inserção no programa de benefícios do Estado de Santa Catarina.

Foram analisados quais são os clientes, os locais de entrega e quanto foi vendido deste produto para cada cliente.

Os dados de demanda serão apresentados de forma agregada e também de forma que fossem identificadas as demandas de vendas nos modelos CIF (frete pago pelo emitente) e FOB (frete pago pelo destinatário), para efeito de cálculo posterior.

Para evitar a dispersão estatística dos resultados, foram considerados apenas as vendas em frete de forma fechada para clientes que consumiam pelo menos 14 toneladas de Carbonato de Sódio Anidro mensalmente, o que corresponde a capacidade máxima de um veículo de transporte modelo truck.

Com os dados informados, entendeu-se que houve relevância em estudar a possibilidade de se minimizar custos referentes a fretes de longas distâncias entre a origem do fornecimento e os pontos de consumo para as vendas no modelo CIF, instalando um Centro de Distribuição mais próximo aos polos consumidores.

Para as vendas realizadas no modelo FOB, cujo custo de frete é por conta do destinatário, uma instalação intermediária mais próxima aos pontos de demanda poderia melhorar o nível de serviço das entregas, bem como proporcionar a vantagem da própria redução do custo de frete do cliente. Cabe ao estudo verificar se a eventual desvantagem referente à mudança nas alíquotas fiscais incidentes sobre o produto e sobre o valor de frete, referente à perda dos incentivos fiscais proporcionados pelo Estado de Santa Catarina, compensará a vantagem conquistada com a redução do valor do frete em si.

Além disso, a instalação de um Centro de Distribuição mais próximo dos pontos de demanda abre a possibilidade de desenvolvimento de novos clientes em mercados dificilmente atendidos pela filial de Santa Catarina, devido ao alto custo de frete para cargas fracionadas e longo prazo de entrega, conforme já mencionado.

Pode-se ver também que o nível de serviço é baixo no modelo de frete fechado a longas distâncias. A concorrência com os distribuidores, que normalmente estão localizados a distâncias mais curtas e que têm uma frota própria para a realização das entregas, é perdida no quesito logística de distribuição, e, conseqüentemente, nível de serviço.

Na abordagem matemática proposta, os custos tributários variam conforme o modelo de frete. No caso do frete FOB, o fator a ser considerado é a alíquota de ICMS referente ao produto, que varia conforme o local de origem. Já no que se refere ao modelo de frete CIF, deve também ser levado em consideração a mudança de alíquota de ICMS sobre os custos de frete.

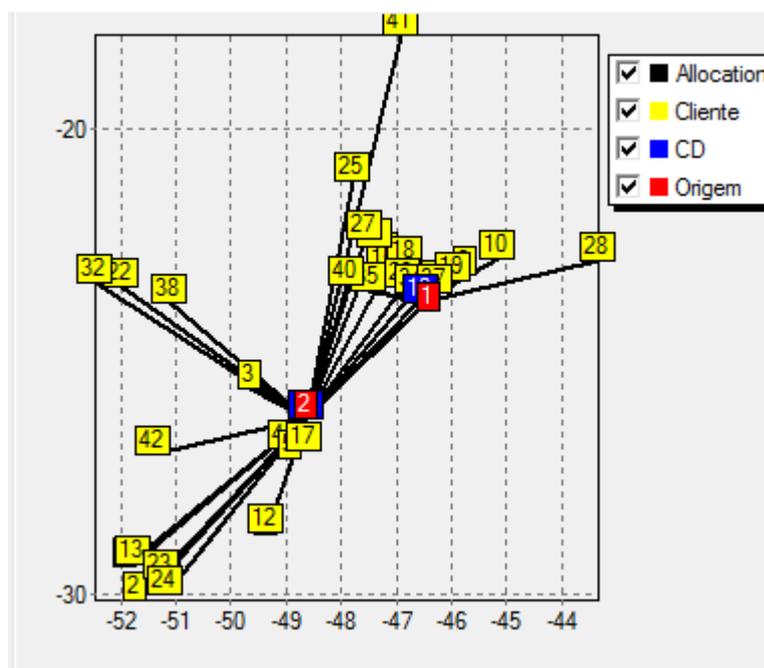
#### **4.2 Determinação das Cidades de Origem e das Cidades Candidatas a receberem o(s) Centro(s) de Distribuição**

As cidades candidatas a serem escolhidas como fornecedoras e sedes do Centro de Distribuição devem possuir características especiais. Devem ter instalações portuárias dedicadas à importação de cargas a granel e devem ter

infraestrutura logística adequada para receber este tipo de carga, próximo à rodovias que facilitem o escoamento das vendas, na região da Grande São Paulo e interior paulista, pois são regiões mais próximas às cidades com cliente de maior demanda.

### 4.3 Resultados

O modelo de programação linear foi resolvido com recurso ao software de otimização XPRESS® (FICO, 2009). A Figura 2 representa a rede de distribuição ótima obtida através do modelo de otimização desenvolvido.



**Figura 2: Rede de Distribuição Ótima**

- Atualmente 100% das Entregas têm como origem e Centro de Distribuição a cidade de São Francisco do Sul (2). A aplicação do modelo sugere que a solução que minimiza os custos da empresa é aquela que divide a distribuição em 57% da demanda a partir da importação por Santos (1) e distribuição através de um Centro de Distribuição em São Bernardo do Campo (13).
- Verifica-se que o galpão a ser alugado em São Bernardo do Campo deveria ter capacidade para armazenar 11.200 toneladas de produto.
- Das 15 cidades que receberam cargas apenas no modelo de frete FOB,

todas deveriam manter o esquema atual de recebimento, visto que o custo de frete não é relevante para a empresa estudada nestes casos, prevalecendo portanto a questão tributária, que é mais vantajosa em Santa Catarina.

- A teoria provou que o alcance dos incentivos fiscais aplicados nesta situação é limitado à localização geográfica de alguns dos maiores clientes da empresa, o que impacta diretamente nos custos de frete. Quando o frete passa a não ser relevante para os custos da empresa (modelo FOB), aí sim a vantagem pode ser um trunfo.
- Ainda assim, neste caso, a desvantagem passa para o lado do cliente final, que, não tendo acesso a este tipo de benefício, terá que arcar com maiores custos de frete, o que pode encarecer e até inviabilizar uma compra dependendo de sua localização geográfica.

## **5. Conclusão**

O fator tributário se mostra um aspecto relevante na tomada de decisão do gestor da cadeia de suprimento. Questões financeiras e tributárias agem como restrições importantes em modelos matemáticos para a definição de estratégias de localização de instalações.

Por isso, o gestor deverá fazer o Planejamento Tributário de forma que consiga atender às restrições impostas pela realidade brasileira, incorporando este modelo aos modelos tradicionais de localização e distribuição física.

O gestor, justamente preocupado com a incidência de impostos ao longo da cadeia de suprimentos, deverá desenhar a cadeia com uma visão holística, analisando a mesma através de um fluxo tributário, levando em conta as atividades e insumos para o atendimento dos clientes finais. Esta análise deverá ser feita ao longo de toda a cadeia e não ficar restrita aos elos de forma isolada. A partir daí, deverá buscar todas as formas legais para se economizar na questão tributária.

No entanto, todas as alternativas estão baseadas em um cenário altamente instável. A política de incentivos fiscais que desencadeou a chamada “Guerra Fiscal” fatalmente terá um prazo de validade. A carga tributária, embora seja um fator importante para a determinação da localização das instalações, necessariamente não induz a outros tipos de investimento das empresas. A

queda da arrecadação proporcionada pelas empresas que posicionam suas instalações apenas visando diminuir seus custos fiscais e tributários ao longo do tempo fará com que haja um desequilíbrio regional importante, já que os Estados vizinhos também farão reduções de alíquotas para minimizar as vantagens do seu “oponente”.

Cabe ao Governo Central o papel de induzir o desenvolvimento regional através de incentivos, se for o caso. Atualmente, interesses políticos dos agentes subnacionais (Estados) regulam a distribuição destas benesses às empresas sem levar em consideração os interesses nacionais. A Resolução e Medida Provisória tramitando no Senado Federal para uma reforma tributária faz ajustes e desestimula a “Guerra Fiscal”. Havendo êxito nesta empreitada, a Fazenda Nacional retomará para si as rédeas do planejamento e as questões relacionadas à Distribuição Física voltarão à baila.

Parece claro que a União é – ou deveria ser – o indutor da política de incentivos para o desenvolvimento de alguma região, seguindo um planejamento de políticas públicas de combate às desigualdades regionais. Da forma que o assunto está sendo tratado, aliado à situação de forte aperto nas contas públicas, a política de incentivos fica à mercê de interesses políticos regionais que, mesmo com o custo da perda de arrecadação, há benefícios políticos advindos do aumento do número de empresas instaladas e consequente aumento na oferta de empregos na região. Calciolari (2006) ainda afirma que os custos de arrecadação posterior não compensam o gasto com perda de arrecadação.

Enfim, com o quadro de situações adversas à manutenção da política de incentivos fiscais, acredita-se que as empresas deverão voltar aos cálculos. À logística cabe papel fundamental na obtenção de bons resultados. Assim como há a tendência do sistema de incentivos ser gradualmente revogado, também se vê incrementos substanciais na infraestrutura logística nacional. Há previsão de investimentos de cerca de 242 bilhões de reais em logística, sendo 42 bilhões em rodovias e 54 bilhões em portos nos próximos anos (EPL, 2013). O setor vem se recuperando gradativamente desde a retomada do Plano Nacional de Logística e Transportes em 2007 e, aos poucos, já se podem constatar algumas melhorias que, com o tempo, se transformarão em redução de custos por menor tempo de espera para descarga nos portos, menos desgaste de veículos em estradas esburacadas, etc.

O mercado deverá se adaptar à realidade vindoura. O estabelecimento de instalações em melhores condições operacionais e logísticas voltará a ocupar espaço destacado nas agendas de planejamento estratégico.

O modelo de cálculo de custos foi apresentado neste trabalho. Como negócios são dinâmicos, muitas outras variáveis e estratégias de vendas poderiam fazer parte. Cálculos do valor mínimo de venda dos produtos, com o consequente ajuste das margens de lucros e de volumes mínimos necessários de estoque, se fazem necessários em estudos futuros, bem como ajuste de valores de frete, favorecimento de vendas de forma fracionada a partir do Centro de Distribuição, maior variedade de produtos comercializados, atendimento de novos mercados a partir do novo Centro de Distribuição, antes inalcançados devido à distância geográfica.

## 6. Referências

ARAÚJO, C.A.V.; MATIAS, M.A.; Planejamento Tributário no Setor de Transporte Rodoviário de Carga. Pós em revista- a revista de pós-graduação newton Paiva, 2010 Disponível em: [http://revista.newtonpaiva.br/seer\\_3/index.php/RevistaPos/search/advancedResults](http://revista.newtonpaiva.br/seer_3/index.php/RevistaPos/search/advancedResults)

BERTOLUCCI, A.V e NASCIMENTO, D.T., Revista de Contabilidade e Finanças da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP, n.29, 2011;

BRASIL, Emenda Constitucional 37 de 2002, artigo 3º.

BRASIL, Lei Complementar 116 de 2003, artigo 8º

BRASIL; Constituição da República Federativa do Brasil, disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)

CALCIOLARI, R. P.; Aspectos Jurídicos da Guerra Fiscal no Brasil. In: Cad. Fin. Públ., Brasília, n.7, dez. 2006. Disponível em: [http://www.esaf.fazenda.gov.br/esafsite/publicacoes-esaf/caderno-financas/cfp7/cfp\\_n7\\_art1.pdf](http://www.esaf.fazenda.gov.br/esafsite/publicacoes-esaf/caderno-financas/cfp7/cfp_n7_art1.pdf)

CHRISTALLER, W.; Die Zentralen Orte In Süddeutschland: Eine Ökonomisch-Geographische Untersuchung Über Die Gesetzmässigkeit Der Verbreitung Und Entwicklung Der Siedlungen Mit Städtischen Funktionen - Os Lugares Centrais no Sul da Alemanha: Um Estudo Econômico-Geográfico da Regularidade da

Distribuição e Desenvolvimento de Assentamentos com Funções Urbanas, Tese de Doutorado, 1933, depois traduzido em inglês: Central Places in Southern Germany. New Jersey: Prentice-Hall, 1966.

CHURCH, R., ReVELLE, C.; The Maximal Covering Location Problem, Artigo publicado para The Regional Science Association, 32, 1974

CHURCH, R., GERRARD, R.A.; The Multi-Level Location Set Covering Model, Geographical Analysis, 35, 2003

Código Tributário Nacional, Ed. Atlas, 2006

COOPER, L.; Location-Allocation Problems. Operations Research, 11, 1963.

CORNUEJOLS, G.; FISHER, M.L.; NEMHAUSER G.L.; On the Uncapacitated Location Problems, Annals of Discrete Mathematics, 1977

CURRENT, J., DASKIN, M.S., SCHILLING, D.; Discrete Network Location Models in Facility Location Theory: Applications and Methods, editado por Drezner, Z. and Hamacher H., Springer-Verlag, Berlin, 2002

DASKIN, M.S.; Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications, John Wiley and Sons, 1995

EMPRESA DE PLANEJAMENTO LOGÍSTICO, Road Show: Infraestrutura no Brasil, Ministério do Planejamento, 2013, disponível em [http://www.fazenda.gov.br/divulgacao/publicacoes/infraestrutura-no-brasil/road\\_show\\_infraestrutura\\_no\\_brasil\\_2013.pdf](http://www.fazenda.gov.br/divulgacao/publicacoes/infraestrutura-no-brasil/road_show_infraestrutura_no_brasil_2013.pdf)

ERLENKOTTER, D.; A Dual-Based Procedure for Uncapacitated Facility Location, Operations Research, 26, 1978.

FICO (Fair Isaac Corporation). Getting Started with Xpress, Release 7. Warwickshire, UK, 2009.

FISHER M.L.; An Applications Oriented Guide to Lagrangian Relaxation Department of Decision Sciences, The Wharton School, University of Pennsylvania, Interfaces Journal, 1985.

GALVÃO, R. D. A Dual Bounded Algorithm for the p-median Problem. Operations Research, 28, 1980

HAKIMI S.; Optimum Locations of Switching Centers and the Absolute Centers and Median of a Graph, Operation Research, 12, 1964

ISARD, W.; Location and Space-Economy. Cambridge: MIT Press, 1956.

KOOPMANS, T.C.; BECKMANN, M.; Assignment problems and the location of economic activities, Econometrica, 1957.

KRAUSPENHAR, D.Jr.: A Elisão Fiscal como Forma de Planejamento Tributário, Dissertação de Mestrado, Universidade do estado de Santa Catarina, 2005;

KRUGMAN, P.; Development, Geography and Economic Theory. London: The MIT Press, 1997.

LAUNHARDT, W.; Mathematische Begründung der Volkswirtschaftslehre – Raciocínio Matemático em Economia, 1885

LIBERATO, R.C. Revisando os Modelos e as Teorias da Análise Regional, Caderno de Geografia, PUC-MG, 2008

LIZOTE, S.A.; BIDINHA, E.R.; Guerra Fiscal dos Portos: um Estudo sobre o Impacto da Unificação do Icms Interestadual em 4% para Produtos Importados no Estado de Santa Catarina; Artigo publicado no IX Simpósio De Excelência em Gestão e Tecnologia, 2012, disponível em <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/10216126.pdf>

LÖSCH, A.; Economic Regions. In: FRIEDMAN, J.; ALONSO, W.; Regional Development and Planning: A Reader. Cambridge: MIT Press, 1969.

MARANZANA, F.; On the Location of Supply Points to Minimize Transport Costs, Operations Research Quarterly, 13, 1964

NARULA, S.C.; OGBU, U.I.;SAMUELSSON, H.M; An Algorithm for the p-median Problem, Operations Research, 25, 1977

OLIVEIRA, J. J. M.; Código Tributário Nacional. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

OWEN, S.W., DASKIN, M.S.; Strategic Facility Location. A Review. European Journal of Operational Research 111, 1998

PORSSE, A. A.; HADDAD, E. A.; RIBEIRO, E. P.;Efeitos Econômicos de Políticas Regionais De Incentivo Fiscal: Uma Abordagem De Equilíbrio Geral

Computável, Fundação de Economia e Estatística. Siegfried Emanuel Heuser, Secretaria de Planejamento, Gestão e Participação Cidadã do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, disponível em [www.fee.tche.br](http://www.fee.tche.br), Rio Grande do Sul, 1999.

RECEITA FEDERAL DO BRASIL;  
[www.receita.fazenda.gov.br/Publico/estudoTributarios/estatisticas](http://www.receita.fazenda.gov.br/Publico/estudoTributarios/estatisticas), acesso em 06/06/2015

REPOLHO, H.M., ANTUNES, A.O.P., CHURCH, R.L.; Optimization Models for the Location of Motorway Interchanges: Concessionaires Perspective. Journal of Transportation Engineering 137, 2011

ReVELLE, C.S., EISELT, H.A.; Location Analysis: A Synthesis and Survey, European Journal of Operational Research 165, 2005

ReVELLE, C.S.; SWAIN, R.W.; Central Facilities Location, Geographical Analysis 2, 1970

TEITZ, M., BART, P.; Heuristic Methods for Estimated Generalized Vertex Median of a Weighted Graph, Operations Research, 16, 1968

VON THÜNEN, J.H. The Isolated State. Oxford: Pergamon Press, 1966

WEBER, A. Über den Standort der Industrien - Sobre a Localização das Indústrias - , Tübingen, Alemanha, 1909. Tradução em Inglês: Friederich C.J. Theory of the Location of Industries, The University of Chicago Press, 1929

WERNECK, R.L.F.: Exacerbando as Contradições. O Estado de São Paulo, 2011;