

BIANCA GODOY PANTALENA

**OTIMIZAÇÃO DA MALHA LOGÍSTICA
DE UMA INDÚSTRIA QUÍMICA**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do Diploma de
Engenheira de Produção.

**São Paulo
2004**

BIANCA GODOY PANTALENA

**OTIMIZAÇÃO DA MALHA LOGÍSTICA
DE UMA INDÚSTRIA QUÍMICA**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do Diploma de
Engenheira de Produção.

Orientador:

Prof. Dr. Hugo Tsugunobu Yoshida Yoshizaki

**São Paulo
2004**

Ao Leandro ... mais do que namorado, marido, amigo, companheiro ... minha força
motivadora ... minha força inspiradora ... minha fonte de bom humor e esperança.
Te amo.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Hugo, pelas valiosas discussões, por ter me motivado e confiado em mim.

Ao Ricardo, por toda a ajuda, por tudo o que me ensinou e por ter me dado todo o apoio necessário para a realização deste trabalho.

Ao Mário, por sempre ter acreditado no meu potencial.

A professora Débora, por seus preciosos conselhos.

A Mariana, pelas valiosas dicas.

A Deus, por me acolher e acalmar em meus momentos de desespero e ansiedade.

A minha filha, que, ainda em meu ventre, soube compreender todo o tempo precisei dedicar a este trabalho.

Aos meus pais, Giovanni e Cândida, pelo apoio incondicional, me propiciando segurança, confiança e carinho para vencer todos os desafios.

A minha irmã Bruna, por todo seu cuidado e preocupação.

A minha irmã Daniela, por ser fonte de bom humor e boas risadas. Sempre.

Aos meus avós Daniele Domenico e Guiseppina, por sempre me acolherem com carinho em sua casa em São Paulo durante estes cinco anos de Poli.

A toda a minha família, que vibram comigo desde o dia em que passei no vestibular e desde então acompanham de perto minhas vitórias e lutas na faculdade.

A Vó Gilda, por sempre se preocupar comigo.

A Má, por todas as orações e carinho.

Ao Zé Francisco, Claudete, Elaini e Cristiani, pelas constantes orações e torcida para que este trabalho fosse finalizado com sucesso.

A Ilma e Shirlene, que mais do que colegas de trabalho, tornaram-se amigas do coração.

Aos amigos do Biênio: Mari, Priscila, Paula Bahiana, Lívia, Chê.....pela diversão constante e pelas madrugadas de estudo, sem as quais hoje eu não estaria na Produção.

Aos amigos da Produção, em especial: Dani, Déia, Dedê, Lu e Cê. Amigas, obrigada por não me deixarem desistir. Obrigada por todo o apoio que precisei durante este ano.

RESUMO

Este trabalho apresenta um modelo de planejamento logístico, cujo objetivo é determinar o número, localização e área de cobertura de Centros de Distribuição para uma indústria química, de maneira a otimizar os custos totais. Para tanto foram considerados os custos logísticos e os custos de ICMS (imposto sobre circulação de mercadorias e serviços). A solução para o problema foi alcançada através de um modelo de Programação Linear Inteira Mista, cujos parâmetros de demanda e custos foram obtidos através de dados reais da empresa. Concluiu-se assim qual seria a malha logística ótima, tanto para a demanda atual quanto para o crescimento da demanda em alguns anos.

ABSTRACT

This study presents a logistics planning model that determines the number, location and area of influence of distribution centers for a chemical industry, witch optimize the total costs. The logistics and ICMS (states sale taxes for internal and interstate operations) costs are being considered. The solution for the problem was obtained through a model of Mixed Integer Linear Programming. Demand and cost parameters have been calculated with real values of the company. The results show the best locations for the distributions centers for the current demand as for the growth of the demand in some years.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	A Empresa.....	1
1.2.	Caracterização do problema.....	1
1.3.	Objetivo e Escopo	2
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA e SITUAÇÃO ATUAL.....	3
2.1	Cadeia de Suprimentos.....	3
2.2	Malha Logística Atual.....	4
2.3	Operadores Logísticos.....	6
2.4	Os Produtos	7
2.5	Sazonalidade	8
2.6	Nível de Serviço e Ciclo do Pedido	9
2.7	Hierarquia de Decisões e Custo Total.....	12
2.8	O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços	14
2.8.1	O ICMS para insumos agrícolas	18
2.9	O problema de localização	25
3.	CONSTRUÇÃO DO MODELO.....	27
3.1	Aspectos relevantes na modelagem	27
3.2	Modelo Matemático	30
4.	PARÂMETROS DO MODELO.....	34
4.1	Produtos	35
4.2	Demanda	35

4.3	Custo de Frete	42
4.4	Capacidade da Fábrica: produção e armazenagem	43
4.5	Centros de Distribuição: custos e capacidades.....	44
4.5.1	Pontos Candidatos.....	45
4.6	ICMS	46
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
5.1	Processamento do modelo.....	48
5.2	Consolidação do Modelo.....	48
5.3	Custos gerados pela malha logística atual.....	49
5.4	Otimização 1: custos logísticos.....	53
5.5	Otimização 2: custos logísticos e ICMS	55
5.6	Otimização 3: aumento da demanda em 2 anos	60
5.7	Otimização 4: aumento da demanda em 5 anos	64
5.8	Nível de Serviço.....	67
5.9	Análise de Sensibilidade	69
5.10	Resumo das otimizações	71
6.	CONCLUSÃO	73
6.1	Recomendação Final	73
6.2	Implantação da malha ótima	74
6.3	Auditoria na malha ótima.....	75
6.4	Proposta para estudos futuros.....	77
6.5	Conclusão Final.....	78
	BIBLIOGRAFIA	79

ANEXO A: alíquotas ICMS	80
ANEXO B: tabela fretes.....	81
ANEXO C: alíquota ICMS para insumos agrícolas.....	83
ANEXOD: telas do modelo matemático em planilha eletrônica	84

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1- CONFIGURAÇÃO DA MALHA LOGÍSTICA ATUAL	5
FIGURA 2.2 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA AO LONGO DO ANO	9
FIGURA 2.3 – CICLO DO PEDIDO	10
FIGURA 2.4 - EXEMPLO 1 DE CÁLCULO DO ICMS	16
FIGURA 2.5 - EXEMPLO 2 DE CÁLCULO DO ICMS	17
FIGURA 2.6 - ESTRUTURA DO ICMS PARA A EMPRESA	19
FIGURA 2.7 - EXEMPLO 3 DE CÁLCULO DO ICMS	21
FIGURA 2.8 - EXEMPLO 4 DE CÁLCULO DO ICMS	22
FIGURA 2.9 - EXEMPLO 5 DE CÁLCULO DO ICMS	23
FIGURA 4.10 - DEMANDA POR ESTADO	36
FIGURA 4.11 - DEMANDAS NAS PRINCIPAIS REGIÕES	40
FIGURA 4.12 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO BRASIL	40
FIGURA 5.13 - ÁREA DE COBERTURA DOS CDS NA MALHA LOGÍSTICA ATUAL	50
FIGURA 5.14 - ÁREA DE COBERTURA ATUAL	57
FIGURA 5.15 - ÁREA DE COBERTURA PROPOSTA PELA OTIMIZAÇÃO 2	57
FIGURA 5.16 - ÁREA DE COBERTURA PROPOSTA PELA OTIMIZAÇÃO 2	62
FIGURA 5.17 - ÁREA DE COBERTURA PROPOSTA PELA OTIMIZAÇÃO 3	62
FIGURA 5.18 - ÁREA DE COBERTURA PROPOSTA PELA OTIMIZAÇÃO 3	66
FIGURA 5.19 - ÁREA DE COBERTURA PROPOSTA PELA OTIMIZAÇÃO 4	66
FIGURA 5.20 - NÍVEL DE SERVIÇO	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 - DADOS DO PRODUTO	35
TABELA 4.2 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA POR MESORREGIÃO	38
TABELA 4.3 - PREVISÃO DE AUMENTO DA DEMANDA POR ESTADO	42
TABELA 4.4 - CUSTOS E CAPACIDADES DOS CDs	44
TABELA 4.5 - CUSTOS E CAPACIDADES DOS NOVOS CDs.....	45
TABELA 5.1 - COMPARAÇÃO DO MODELO COM O ORÇAMENTO REAL	49
TABELA 5.2 - CUSTOS LOGÍSTICOS GERADOS PELA MALHA ATUAL.....	50
TABELA 5.3 - CUSTOS DE ICMS GERADOS PELA MALHA ATUAL	51
TABELA 5.4 - CUSTOS TOTAIS GERADOS PELA MALHA ATUAL.....	52
TABELA 5.5 - CUSTOS LOGÍSTICOS DA OTIMIZAÇÃO 1	53
TABELA 5.6 - COMPARAÇÃO DOS CUSTOS LOGÍSTICOS ATUAIS X OTIMIZAÇÃO 1	53
TABELA 5.7 - CUSTOS DE ICMS DA OTIMIZAÇÃO 1	54
TABELA 5.8 - COMPARAÇÃO DOS CUSTOS TOTAIS ATUAIS X OTIMIZAÇÃO 1	54
TABELA 5.9 - CUSTOS LOGÍSTICOS GERADOS PELA OTIMIZAÇÃO 2	56
TABELA 5.10 - CUSTOS DE ICMS DA OTIMIZAÇÃO 2	56
TABELA 5.11 - COMPARAÇÃO DOS CUSTOS TOTAIS ATUAIS X OTIMIZAÇÃO 2	56
TABELA 5.12 - REGIÕES ATENDIDAS POR DOIS CDs.....	59
TABELA 5.13 - CUSTOS LOGÍSTICOS GERADOS PELA OTIMIZAÇÃO 3.....	60
TABELA 5.14 - CUSTOS DE ICMS GERADOS PELA OTIMIZAÇÃO 3	60
TABELA 5.15 - COMPARAÇÃO DA MALHA ATUAL PARA O AUMENTO DA DEMANDA EM 2 ANOS COM A OTIMIZAÇÃO 3.....	63
TABELA 5.16 - CUSTOS LOGÍSTICOS GERADOS PELA OTIMIZAÇÃO 4.....	64
TABELA 5.17 - CUSTOS DE ICMS GERADOS PELA OTIMIZAÇÃO 4	64
TABELA 5.18 - COMPARAÇÃO DA MALHA ATUAL PARA O AUMENTO DA DEMANDA EM 5 ANOS COM A OTIMIZAÇÃO 4.....	65
TABELA 5.19 - ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA O AUMENTO DE CUSTOS NO CD DO PR. 70	
TABELA 5.20 - RESUMO DAS OTIMIZAÇÕES REALIZADAS.....	71
TABELA 6.1 - AUDITORIA DA MALHA ÓTIMA	76

1. INTRODUÇÃO

1.1. A Empresa

O presente trabalho foi desenvolvido em uma indústria química que produz insumos para a agricultura. A produção e distribuição estão centralizadas em uma instalação industrial (localizada no estado de São Paulo) e cinco centros de distribuição (São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Goiás).

A autora deste trabalho faz estágio na área de Logística da empresa em questão e este estudo faz parte das atividades e objetivos desenvolvidos neste estágio.

1.2. Caracterização do problema

Na malha logística atual, os estados que possuem Centros de Distribuição (SP, RS, PR, GO e MT) são responsáveis por parte significativa da demanda: cerca de 70% da demanda total. Todos os centros de distribuição que compõe a malha logística atual no Brasil foram abertos em épocas diferentes e para a abertura de cada um houve justificativas e estudos diversos: atendimento à demanda local, aproveitamento de incentivos fiscais (ICMS), necessidade de melhoria no nível de serviço, necessidade de espaço de armazenagem para escoamento da produção, entre outros. Sendo assim, alguns motivos fundamentais levaram a necessidade do estudo que será realizado no presente trabalho:

- ✓ nunca houve um planejamento global da malha logística no Brasil, sendo que os estudos realizados para abertura de cada CD foram realizados em épocas diversas, de forma isolada para cada região e para cada estudo analisou-se variáveis isoladas (somente custos logísticos, aspectos fiscais ou nível de serviço);
- ✓ a empresa deseja reavaliar sua malha logística estudando a abertura de dois novos Centros de Distribuição .

- ✓ a malha logística atual aliada às alíquotas de ICMS para o produto em questão proporciona um enorme montante de crédito de ICMS gerado mas não utilizado (crédito morto).

Desta forma surgiu a oportunidade e a necessidade de se realizar um estudo global que permitisse não somente analisar a malha logística atual como também servir como ferramenta para a análise de mudanças na malha, através da abertura e fechamento de CDs. Este estudo será realizado através de um modelo de programação linear que visa otimizar os custos totais.

1.3. Objetivo e Escopo

O problema ao qual se dedica este trabalho tem como objetivo otimizar os custos de distribuição e de ICMS de uma indústria química através da criação de um Modelo de Localização de Centros de Distribuição. Através deste modelo será possível analisar a malha logística instalada no Brasil atualmente, bem como identificar a malha logística ótima levando-se em consideração os custos de transporte, armazenagem e os custos de ICMS. O modelo deverá determinar o número, localização e a área de cobertura de cada centro de distribuição de forma a reduzir o custo total da empresa sem comprometer significativamente o nível de serviço. Para tanto serão contemplados na análise os Centros de Distribuição atuais bem como outras duas opções que a empresa deseja analisar.

A fim de determinar os pontos relevantes para o trabalho, no próximo capítulo serão definidos alguns conceitos logísticos importantes aplicados para o detalhamento das questões logísticas para a empresa em questão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA e SITUAÇÃO ATUAL

2.1. Cadeia de Suprimentos

Segundo BALLOU (2001) por Cadeia de Suprimentos, ou Supply Chain, entende-se o conjunto de atividades repetidas ao longo do canal de suprimentos através do qual as matérias-primas são convertidas em produtos acabados, agregando valor para o consumidor. Uma empresa pode ter maior ou menor grau de controle sobre cada etapa do fluxo de suprimentos, sendo que dificilmente uma empresa terá controle sobre o fluxo completo do produto no canal, desde as fontes de suprimento até o consumidor final.

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (SCM – Supply Chain Management), segundo FLEURY (2000), implica em uma abordagem sistêmica que exige a consideração simultânea de diversos trade-offs (custo de armazenagem x nível de serviço, por exemplo).

O gerenciamento total da cadeia de suprimentos engloba desde os sub-fornecedores até a entrega do produto ao cliente final.

O estudo proposto neste trabalho irá abranger as etapas da cadeia de suprimentos desde o produto acabado na fábrica, passando pela armazenagem nos Centros de Distribuição até a entrega para o cliente final (em sua maioria grandes distribuidores e cooperativas). O detalhamento das áreas abrangidas neste estudo, segue no item adiante.

2.2. Malha Logística Atual

Neste estudo será considerado o sistema de distribuição a partir da fabricação dos produtos na fábrica de SP até sua entrega aos mercados consumidores. Os produtos que saem da fábrica podem ter dois destinos: transferência ou distribuição. Por transferência entende-se a movimentação do produto para outros depósitos ou Centros de Distribuição. Já por distribuição entende-se a venda do produto para o cliente.

A fábrica possui um depósito para armazenagem dos produtos de onde podem sair tanto transferências como distribuições. Atualmente somente uma parcela insignificante da demanda é distribuída a partir da fábrica e o restante é transferido para os 5 Centros de Distribuição atuais da empresa.

Os cinco centros de distribuição estão localizados em: São Paulo (próximo à fábrica), Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso e Goiás. Os cinco estados que possuem estes Cds são responsáveis por 70% da demanda total. Todos os CD's recebem todos os SKU's de produtos.



Figura 2.1- Configuração da malha logística atual

Cada CD é responsável basicamente pelo atendimento da demanda em seu estado. Na maioria dos casos uma região é atendida somente por um CD. Nos casos em que uma mesma região é atendida por dois Centros de Distribuição, existe uma divisão das cidades ou dos clientes que são atendidos por cada CD.

Todas as transferências são realizadas através de carretas que transportam 20 ou 40 pallets. Já as distribuições são realizadas através de trucks ou carretas, conforme o volume pedido pelo cliente. A carteira de clientes atual da companhia é composta da seguinte maneira: 70% da demanda refere-se à distribuidores e cooperativas. O restante refere-se à cliente final. O critério para se atender um cliente final baseia-se no relacionamento do cliente com a companhia e no volume anual mínimo de vendas.

Todas as distribuições são viabilizadas através de escritórios regionais de vendas localizados em pontos estratégicos do país. Cada escritório possui uma equipe de representante de vendas que visitam periodicamente os clientes a fim de receber e processar os pedidos. Todo o ciclo do pedido será descrito com detalhes mais a frente.

2.3. Operadores Logísticos

Analisando as diversas etapas da cadeia de suprimentos notamos que o transporte e a armazenagem são fatores fundamentais a serem gerenciados pela empresa. Neste contexto, a empresa pode utilizar-se de armazéns e frotas próprias, assim como pode contratar fornecedores para prestar tais serviços. Para este último caso, cada vez mais a contratação de operadores logísticos vêm se tornando uma tendência mundial. Fleury (2000) define operador logístico como o “fornecedor de serviços logísticos integrados, capaz de atender todas as necessidades logísticas de seus clientes de forma personalizada”.

Os operadores logísticos concentram suas atividades na gestão da cadeia, possuindo ou não ativos próprios (frotas e armazéns). A demanda pela contratação de operadores logísticos vem crescendo significativamente nos últimos anos devido aos benefícios gerados pelos mesmos: economia de escala, alta qualidade dos serviços prestados, custos reduzidos, redução do investimento em ativos e maior flexibilidade operacional.

Apesar dos enormes benefícios citados acima, a empresa em questão ainda não utiliza operadores logísticos. As operações de transporte e armazenagem são feitas através da contratação de prestadores de serviços tradicionais.

Todo o transporte (transferência e distribuição) é feito a partir de transportadoras fixas que foram selecionadas a partir de concorrências abertas. As concorrências são sempre restritas a empresas de qualidade comprovada e que possuem capacitação para atuar no segmento de cargas químicas.

A contratação de fretes não é suportada por ferramentas de otimização. A responsabilidade da consolidação de cargas é de analistas que usam a sua experiência na área para a tomada de decisão. A sinergia entre os fretes inbound e outbound não é considerada para efeito de contratação de fretes.

Os Centros de Distribuição atuais não são espaços próprios da companhia. Trata-se de espaços alugados. Na maior parte dos casos, os fornecedores de espaço para armazenagem tratam-se dos mesmos fornecedores de transportes. São considerados centros de distribuição pois possuem toda a estrutura necessária tanto para receber transferências quanto para expedir pedidos de venda. Todos os CDs estão interligados ao ERP da companhia.

Os contratos para a utilização destes armazéns que funcionam como Centros de Distribuição, normalmente tem duração de um ano, podendo ou não ser renovado ao final de cada período. Nestes contratos fica estabelecido um espaço fixo de armazenagem (número de posições pallet) pelo qual a empresa deverá pagar um valor fixo mensal. Além disso, os armazéns cobram um custo variável baseado na quantidade de material movimentada dentro do armazém. Este custo variável será referenciado como custo de transbordo. No valor do custo fixo e custo de transbordo, já estão inclusos todos os serviços realizados pelo armazém: manutenção do estoque, picking, separação de pedidos, emissão de notas fiscais, carregamentos e descarregamentos, despesas com pessoal entre outros.

Todo o controle de estoque, entrada/saída de material, programação de cargas é feito através do ERP utilizado na companhia. Este software permite que toda a programação de cargas efetuadas pelos analistas de logística da empresa (que ficam alocados na fábrica) sejam repassadas para os armazéns em tempo real. Não existem funcionários da companhia alocados nestes CDs, sendo assim, o CD não tem autonomia alguma para geração de pedidos e remessas, sendo que sua responsabilidade é apenas operacionalizar as decisões tomadas pelos analistas de logística da empresa.

2.4. Os Produtos

No Brasil, o produto em questão começou a ser produzido e comercializado na década de 70, na unidade industrial da empresa no estado de São Paulo, após a aprovação dos

Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e da Saúde, além do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Os produtos fabricados pela empresa são atualmente utilizados em mais de 100 países e a ampla aceitação se deve ao fato de que são produtos que atuam na agricultura sem agredir o meio ambiente. As formulações apresentam uma baixa toxicidade, conforme avaliações feitas pelas autoridades de registro no Brasil e pelos principais órgãos internacionais, como a Organização Mundial da Saúde (OMS), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e pela comunidade científica internacional. Além disso, não apresentam riscos de contaminação de rios, lagoas e lençóis freáticos.

Pode-se dividir os produtos basicamente em duas famílias: líquidos e granulados. Tais produtos possuem a mesma área de atuação diferindo somente na concentração do princípio ativo e na forma de utilização. Estas famílias de produtos são vendidas em sua totalidade na modalidade CIF (cost, insurance and freight – empresa é responsável pelos custos, seguro e frete de entrega do produto).

2.5. Sazonalidade

A sazonalidade da demanda, é definida por Fleury (2000) como o movimento regular de oscilação das vendas ao longo de um período, com picos de vendas localizados sempre na mesma época de cada período.

Pensando nisso podemos afirmar que o demanda do produto em questão trata-se de uma demanda altamente sazonal. Como trata-se de um insumo agrícola, a variação da demanda ao longo do ano está intimamente ligada aos períodos de plantio na agricultura, o que localiza os picos de demanda sempre nos mesmos meses de cada ano. Pelo gráfico

abaixo podemos visualizar a distribuição da demanda ao longo dos meses do ano:

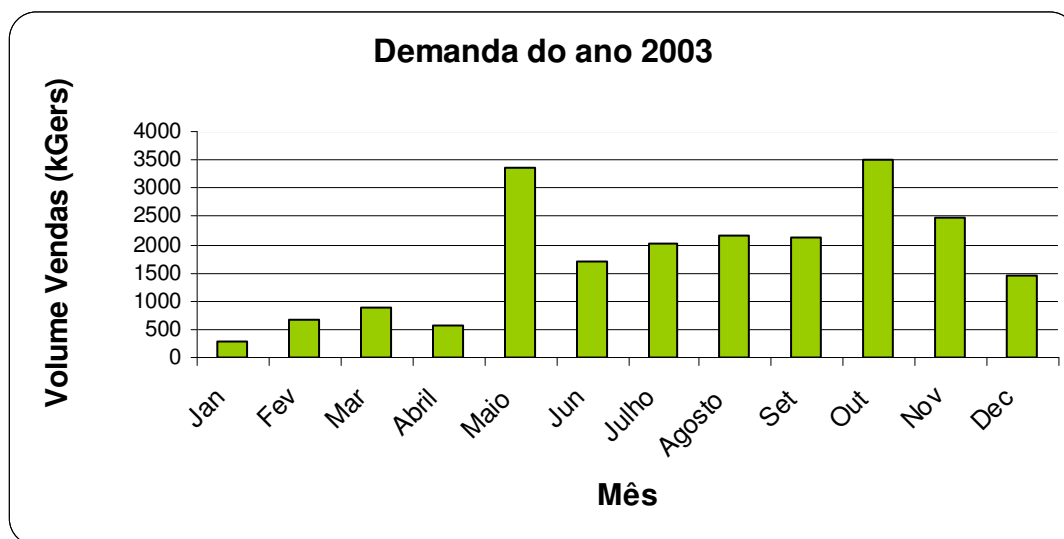


Figura 2.2 - Distribuição da demanda ao longo do ano

Os picos de demanda concentram-se na época da safra (setembro, outubro) e safrinha (maio, junho).

Apesar de ser um mercado altamente sazonal, a sazonalidade não será levada em consideração neste estudo. O objetivo deste trabalho é identificar uma malha logística otimizada global. Não seria pertinente identificar a malha logística ótima para cada período do ano pois para a companhia seria completamente inviável promover a abertura e fechamento de CDs a cada época do ano.

2.6. Nível de Serviço e Ciclo do Pedido

O nível de serviço ao cliente na perspectiva da logística é, segundo Ballou (2001), o resultado de todos os processos da cadeia de suprimentos. Toda a parcela do serviço ao cliente sob o controle da logística, pode ser definida através do tempo do ciclo do pedido. Este tempo é definido como “o intervalo de tempo entre o momento em que o pedido é colocado e o momento em que o produto é recebido pelo cliente”.

A logística verifica então a disponibilidade do produto em estoque e aloca o pedido ao CD responsável pelo atendimento àquele cliente ou àquela cidade. Os vários pedidos são processados através da geração de remessas, geração de documento de transporte e roteirização das cargas. A partir deste momento o pedido passa a estar disponível no sistema para o CD, que deverá fazer a separação dos pedidos, emitir as notas fiscais, conferir e carregar os caminhões.

A partir do carregamento do caminhão a transportadora é responsável por fazer a entrega ao cliente.

Todo o tempo do ciclo do pedido pode ser visualizado na figura pelo tempo T: lead-time desde que o cliente efetuou o pedido até o recebimento da mercadoria pedida.

Cada uma das etapas descritas no ciclo do pedido possui metas de tempo, sendo que as áreas responsáveis são cobradas e avaliadas pelo atendimento às tais metas. Não cabe aqui descrever detalhadamente cada uma das etapas bem como os gargalos da mesma. Foquemos a análise na etapa do ciclo do pedido que será diretamente influenciada por este estudo.

Desde a realização do pedido do cliente até o carregamento do caminhão, a localização do CD em nada influencia os lead-times. Ou seja, independente do local de onde o material deverá sair, o tempo demorado nestas etapas será o mesmo e estará sujeito aos mesmos fatores. Obviamente os CDs podem possuir capacidade operacional diferenciadas (maior ou menor agilidade na emissão de notas, melhores ou piores empilhadeiras, maior ou menor número de pessoal e etc), o que geraria maiores ou menores tempos de processamento no CD. No entanto, estamos partindo da premissa de que todos os CDs possuem a mesma eficiência operacional. Sendo assim, a única etapa que sofrerá forte influência da localização do CD será o tempo de entrega, ou seja, tempo de viagem desde a saída do CD até a chegada na porta do cliente (tempo t na figura).

A mudança na localização e / ou na área de cobertura de cada CD, poderá afetar diretamente este tempo t . A meta da companhia para este tempo é de no máximo 4 dias. Ou seja, nenhum mercado poderá estar a mais de 4 dias de viagem de um centro de distribuição.

Como o objetivo deste estudo não é melhorar o nível de serviço e sim otimizar a malha logística sem prejudicar o nível de serviço, todas as mudanças propostas serão avaliadas, sendo que não serão permitidas soluções onde algum mercado esteja a mais de 4 dias de viagem de um CD. Mesmo que as otimizações gerem cenários onde haja um aumento no tempo t , contanto que este tempo não ultrapasse o limite de 4 dias, a solução será aceitável.

2.7. Hierarquia de Decisões e Custo Total

O planejamento logístico pode ser dividido em diversos níveis, conforme o horizonte de planejamento dos mesmos. Ballou (2001) define os três principais níveis de planejamento:

Nível Estratégico: horizonte de tempo longo, maior que um ano. Utiliza-se de dados agregados e médias.

Nível Tático: horizonte de tempo intermediário, menor que um ano geralmente. Utiliza-se de um nível médio de detalhe de dados.

Nível Operacional: decisões em curto prazo, podem ser horas ou dias. Utiliza-se de dados mais acurados e próximos da realidade.

Yoshizaki (2002) afirma que o nível estratégico é o que possui maior flexibilidade, podendo projetar e implantar qualquer mudança no sistema logístico como um todo.

Para o estudo em questão vejamos quais seriam as principais decisões a serem tomadas em cada um dos níveis logísticos:

- Estratégico: determinação da rede logística (número e localização dos Centros de Distribuição) que minimize o custo total (custos logísticos e custos de ICMS).
- Tático: posicionamento de estoque – determinação de qual instalação deva atender qual cliente e com qual produto.
- Operacional: determinação da melhor rota, que permita a minimização dos custos totais.

O presente estudo insere-se no nível estratégico, uma vez que, utilizando-se de dados agregados, será determinada a localização ótima dos Centros de Distribuição ao longo de um ano. O planejamento pode ser estendido por mais de um ano, podendo-se planejar a malha logística ótima baseando-se nas previsões de crescimento de demanda.

Uma vez determinada a localização dos CDs, todas as operações logísticas necessárias para promover o fluxo do material serão determinadas através de decisões táticas e operacionais.

Muitas vezes, o planejamento logístico, é viabilizado através da utilização do conceito de custo total. Por custo total entende-se a consideração de diversos custos relativos às atividades que podem ser conflitantes entre si (trade-offs). Quando o custo total é otimizado, existe um equilíbrio das atividades conflitantes, permitindo um equilíbrio coletivo.

Vejamos um exemplo da utilização do conceito de custo total permitindo um equilíbrio entre atividades conflitantes. Na decisão quanto ao número de CDs instalados, quanto maior for o número de depósitos, maior será o nível de serviço ao cliente e menor serão os custos de distribuição. Em contrapartida, serão gerados maiores custos fixos de armazenagem, maiores custos de transferência e aumento do estoque total no sistema. Analisar um sistema tendo em vista o custo total, permitirá identificar o ponto ótimo, onde haja equilíbrio entre os custos de armazenagem e transporte, bem como o nível de serviço ao cliente.

No problema em questão, a relação entre custos logísticos e custos de ICMS, também será um trade-off a ser analisado. A localização de uma determinada instalação pode gerar os menores custos logísticos, no entanto, podem estar gerando também os maiores custos de ICMS. A utilização do conceito de custo total permitirá gerenciar o equilíbrio entre custos logísticos e custos de ICMS, determinando assim a malha logística ótima.

2.8. O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

Yoshizaki (2002) nos chama a atenção sobre o a fundamental importância de “integrar planejamento tributário ao planejamento logístico, sob pena de se desenvolver sistemas de distribuição sub-otimizados”.

Apesar de existirem diversos impostos que incidem no produto em questão, o foco será dado somente no ICMS (imposto sobre circulação de mercadorias e serviços) pois a estrutura deste imposto, que será detalhada em seguida, possui grande relação com a localização e área de cobertura dos centros de distribuição. O modelo de otimização deverá trabalhar com os trade-offs gerados pelos custos logísticos e custos de ICMS.

O ICMS é um imposto estadual que incide sobre o valor de nota fiscal das mercadorias. Algumas das principais características deste imposto são descritas por Yoshizaki (2002). Vejamos:

- seletivo: as alíquotas podem variar conforme os produtos ou serviços.
- não-cumulativo: é calculado sobre a agregação de valor. Em cada estágio do processo o valor devido em estágios anteriores é deduzido do valor devido do estágio em questão.
- indireto: o fator gerador é uma situação momentânea e pode ser transferido ao longo da cadeia comercial.
- proporcional: é calculado com base na aplicação de uma proporção constante sobre o valor a ser tributado.

Ribeiro (1999) afirma que “nas transferências de mercadorias entre estabelecimentos da mesma empresa, as mercadorias são tributadas pelo seu preço de custo. Já nas vendas as mercadorias são tributadas pelo seu preço de venda”. Por se tratar de um imposto estadual, as alíquotas são diferentes para cada uma das operações intra e interestaduais. As alíquotas vigentes para operações entre estados e dentro do mesmo estado encontram-se disponível no Anexo A.

Sendo assim podemos notar que as duas principais operações logísticas a serem contempladas neste estudo (transferências e distribuições) são tributadas pelo ICMS. Como a malha logística a ser analisada envolve vários estados (fábrica, CDs e mercados consumidores espalhados por todo o país), notamos a importância de se considerar o ICMS na análise, uma vez que, por exemplo, uma venda interestadual partindo de um CD, implica não somente em custos de frete e de armazenagem, mas também em custos de ICMS. Estes custos de ICMS são calculados com base na alíquota de ICMS aplicada sobre o preço do produto. Das características do imposto descritas acima, destaca-se o fato de se tratar de um imposto não-cumulativo, que incide somente sobre a agregação de valor. Esta característica faz com que, ao longo da cadeia, o ICMS gere débitos e créditos. Um débito gerado em um estágio, passará a ser um crédito no próximo estágio. Vejamos um exemplo para tornar mais clara a estrutura de cobrança do ICMS:

Pensem em uma indústria química localizada em São Paulo que abastece um CD localizado no Paraná. Um cliente localizado em Santa Catarina será atendido por este CD. Sabe-se que a alíquota de ICMS de São Paulo para o Paraná é de 12% e a alíquota do ICMS do Paraná para Santa Catarina também é de 12%. O preço de custo do produto é de R\$100/tonelada (valor que consta na nota fiscal de transferência), e o preço de venda é de R\$150/tonelada (valor que consta na nota fiscal de venda). O volume vendido neste caso foi de 10 toneladas. Assume-se que as operações anteriores ao processo produtivo na fábrica (entrada de matérias primas) geraram um crédito de R\$100; essa geração de crédito não será detalhada pois depende de cada uma das

matérias-primas utilizadas nos processo produtivo. Temos assim a seguinte cobrança de ICMS:

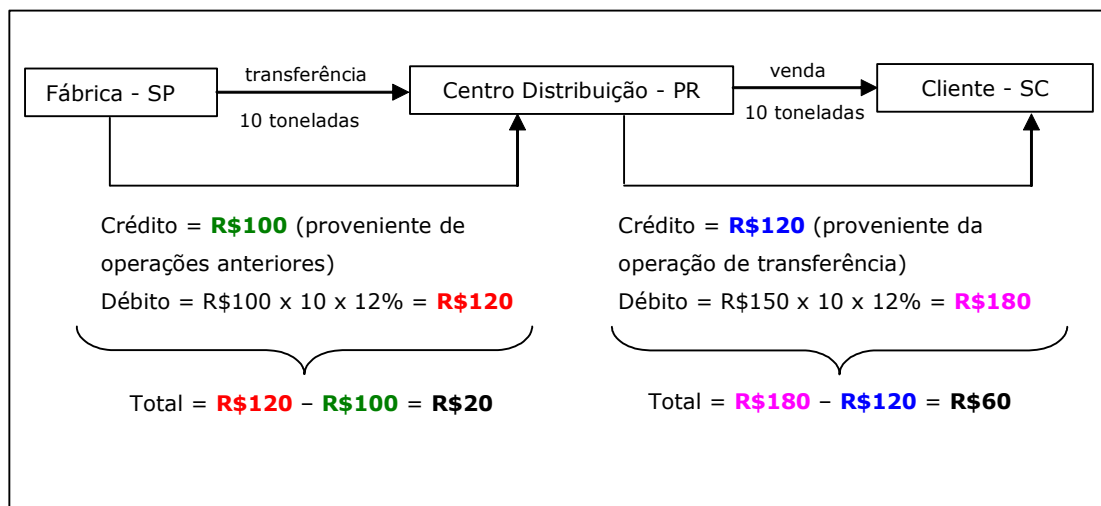


Figura 2.4 - Exemplo 1 de cálculo do ICMS

Quando o produto é transferido da fábrica para um CD em outro estado, gera-se um débito de ICMS baseado na alíquota entre os estados. Esta alíquota incide sobre o preço de custo do material (valor que consta na nota fiscal de transferência). Estando o produto no CD, quando o mesmo é vendido, gera-se também um débito de ICMS, sendo que a alíquota incide sobre o preço de venda. Como o ICMS trata-se de um imposto não cumulativo, o valor devido em estágios anteriores é descontado do valor devido no estágio em questão. Desta forma o total a ser pago na operação de transferência será R\$20 (R\$120-R\$100) e o total a ser pago na operação de distribuição será R\$60 (R\$180-R\$120), contabilizando um total de R\$80 a ser pago pela indústria.

Esta relação créditos/débitos pode ser explorada segundo inúmeras possibilidades, conforme os Estados envolvidos e conforme a diferença entre o preço de custo e o preço de venda (agregação de valor).

Para uma empresa é de grande interesse a exploração da relação entre créditos e débitos de ICMS, sendo que tal relação pode diminuir o total de imposto a ser pago.

No entanto, tão importante quanto a redução no total de imposto a ser pago é a utilização dos créditos gerados. Quando a empresa gera um crédito e não o utiliza, apesar de não haver um montante de impostos efetivamente pagos ao Governo, estes totais de créditos não utilizados são considerados como saldo negativo no balanço geral da companhia.

Vejamos um exemplo onde existe a geração de “crédito morto”. Serão utilizados os mesmos dados para o produto descrito acima. No entanto, imaginemos agora que o CD se localiza em Minas Gerais e o mercado consumidor se localiza na Bahia. Lembrando que a alíquota SP → MG é de 12% e a alíquota MG → BA é de 7%. A estrutura de cobrança do ICMS ficaria da seguinte maneira:

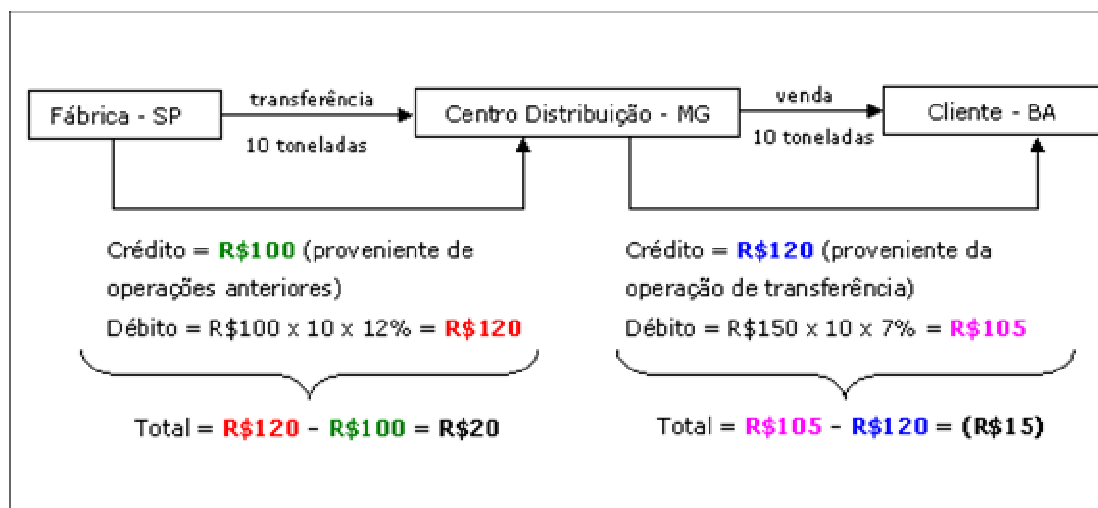


Figura 2.5 - Exemplo 2 de cálculo do ICMS

Neste exemplo, na operação de transferência, o total a ser pago é de R\$20. Na operação de venda, os débitos gerados pela venda foram menores do que os créditos gerados pela transferência. Apesar do preço de venda ser superior ao preço de transferência, como a alíquota de venda é inferior, o total a ser pago na operação de venda será zero. Aparentemente trata-se de uma situação vantajosa, uma vez que a operação de venda não gerou saldo final de ICMS a ser pago. No entanto é necessário analisar que houve a geração de R\$15 de crédito não utilizado. Este crédito não utilizado, apesar de não ser um gasto efetivo, será contabilizado de forma negativa no balanço da empresa.

Com base nisso, podemos concluir que para uma empresa, a situação ótima em termos de custo de ICMS não consiste somente na minimização dos custos totais de ICMS, mas também na utilização de todos os créditos gerados (inexistência de “crédito morto”).

2.8.1. O ICMS para insumos agrícolas

Apesar das alíquotas base vigentes de ICMS, para cada tipo de produto pode haver diferenças na alíquota cobrada, por se tratar de um imposto seletivo.

Para o produto em questão, existem algumas alíquotas especiais de ICMS regulamentadas pelo Convênio 100/97 do CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária). Segundo o convênio, temos:

- ✓ vendas dentro do mesmo estado: alíquota de 0%.
- ✓ vendas entre estados: redução de 60% na base de cálculo.

Estas alíquotas valem tanto para as operações de venda quanto para as operações de transferência. Portanto para vendas interestaduais onde a alíquota base de ICMS é de 7%, teremos uma alíquota de 2,8% ($=7\%*0,4$) e para as regiões onde a alíquota base de ICMS é de 12%, teremos uma alíquota de 4,8% ($=12\%*0,4$).

Outra informação importante a respeito da incidência do ICMS é a respeito dos créditos. Como dito anteriormente, as alíquotas a serem consideradas para transferências interestaduais são as mesmas para distribuições interestaduais. No entanto, no caso das transferências existe uma legislação especial nos estados de Minas Gerais e Mato Grosso que impede a utilização dos créditos gerados. Ou seja, uma transferência para MG ou MT gera um débito de ICMS, no entanto este débito não poderá ser utilizado como crédito no momento em que for realizada uma venda. Trata-se de uma regra específica, determinada pela Secretaria do Estado da Fazenda de cada um destes estados. Esta legislação é especificada através RICMS (regulamento ICMS) dos estados em questão.

Atualmente a malha logística da empresa gera, em alguns estados, um montante final de ICMS a ser pago, assim como gera em outros um grande saldo de crédito não utilizado. A consideração dos custos de ICMS na otimização da malha logística, visa não somente reduzir os custos totais de ICMS, como também minimizar o crédito gerado e não utilizado (crédito “morto”). Vejamos como funciona hoje toda a estrutura de débitos/créditos de ICMS na indústria em questão.

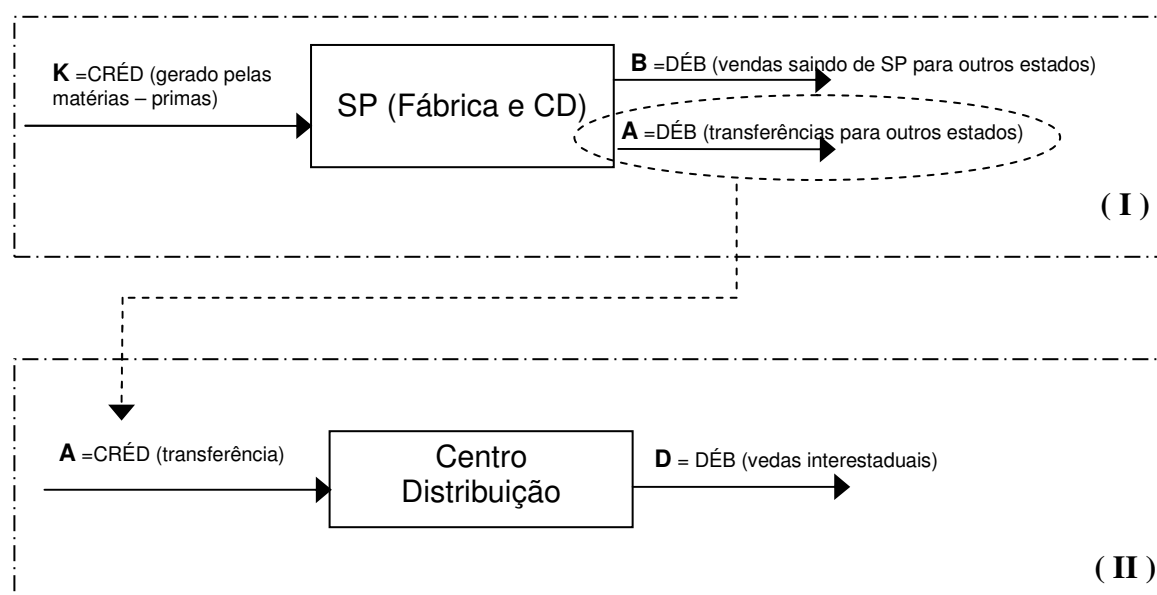


Figura 2.6 - Estrutura do ICMS para a empresa

Foquemos a análise inicialmente no estágio I. Pela estrutura acima, o total de ICMS a ser pago no estado de SP seria $(A+B - K)$. Ou seja todos os débitos gerados no estado subtraído dos créditos provenientes das matérias-primas. Atualmente na empresa, o débito final a ser pago neste estágio é zero. Isto acontece pois os créditos provenientes das matérias-primas são superiores aos débitos gerados pelas vendas e transferências ($K > A + B$). Isto é possível pois a principal matéria prima do processo produtivo é proveniente da Bahia. O ICMS para operações entre Bahia e São Paulo é de 12%. Sendo assim o valor agregado do produto acabado é compensado pela maior alíquota de ICMS. Seja o valor hipotético da matéria prima R\$400, quando a mesma for vendida da Bahia

para São Paulo será gerado um crédito de R\$48 ($= R\$400 \cdot 12\%$). Embora o produto acabado possua valor agregado maior (R\$800, por exemplo) o débito gerado na transferência ou na venda saindo de SP, será igual de R\$38,4 ($= R\$800 \cdot 4,8\%$). Na maioria dos casos, além da não existência de saldo de ICMS a ser pago, existe a geração de crédito morto. Este crédito morto gerado na fábrica não se trata de um problema sério para a indústria pois trata-se de um crédito que a indústria consegue facilmente “trocar” com seus fornecedores localizados no estado de SP. Não seria pertinente entrar no detalhe da relação de troca de créditos de ICMS. O importante é ressaltar que hoje existe a geração de “crédito morto” no estado de SP que este não representa um problema para a indústria.

O principal problema hoje para a empresa é a grande geração de “crédito morto” na maioria dos Centros de Distribuição e a geração de débito final de ICMS a ser pago em outros. O crédito gerado e não utilizado é muito grande e dificilmente é utilizado. Por muitas vezes, como a empresa não utilizou tais créditos ao longo dos anos, os mesmos foram assumidos como despesas da companhia.

Analisemos com mais detalhe o principal foco do problema, o estágio II. Vejamos um exemplo para entender melhor o que acontece neste estágio em relação aos créditos/débitos de ICMS. Serão utilizados os mesmos dados hipotéticos do exemplo anterior (preço custo = R\$100/ton ; preço venda = R\$150/ton ; quantidade = 10 toneladas). Lembrando que para operações dentro do mesmo estado a alíquota para o estado em questão é de 0% e para operações entre estados existe redução de 60% na base de cálculo. Temos no exemplo abaixo a indústria localizada no estado de SP e um CD localizado no estado do Paraná, suprindo a demanda de um cliente localizado no mesmo estado. Vejamos:

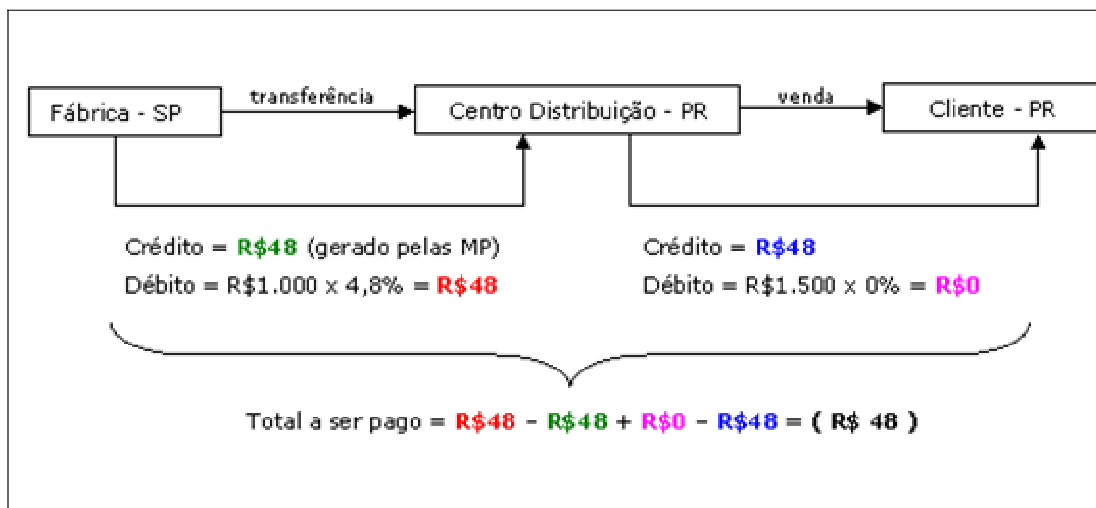


Figura 2.7 - Exemplo 3 de cálculo do ICMS

No exemplo acima, como a alíquota de ICMS dentro do mesmo estado é zero, o crédito gerado na operação de transferência não é utilizado, sendo considerado um “crédito morto”. Apesar do montante total a ser pago seja zero, a geração de um crédito morto é igualmente insatisfatória. A uma primeira vista a solução mais simples para o exemplo em questão pode ser determinar que o centro de distribuição no Paraná seja responsável por abastecer mercados localizados em outros estados, Santa Catarina por exemplo. Lembrando que a alíquota entre Paraná e Santa Catarina é de 12% e com a redução na base de cálculo cai para 4,8%. Vejamos como ficaria esta situação:

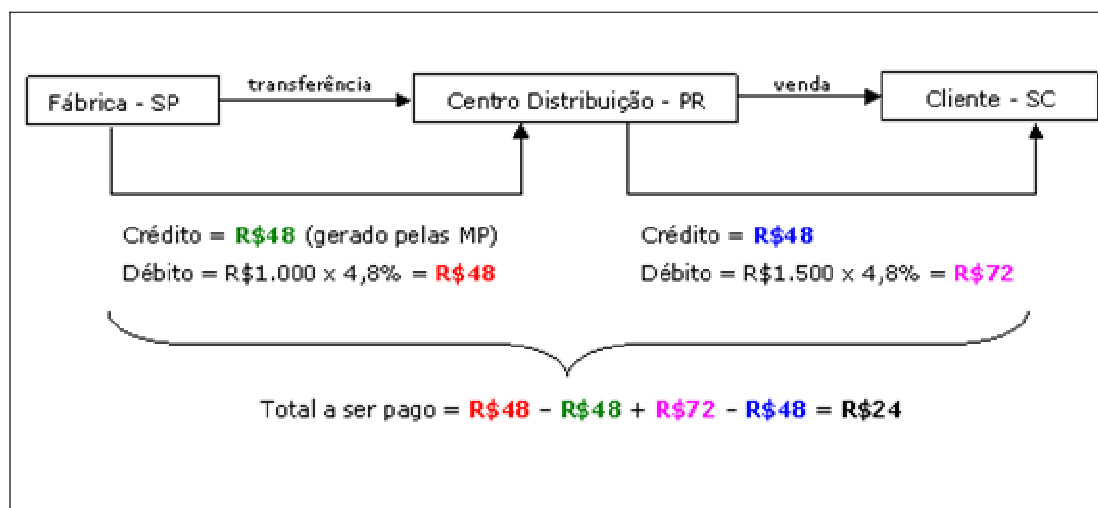


Figura 2.8 - Exemplo 4 de cálculo do ICMS

Neste caso, todo o crédito gerado foi utilizado, no entanto foi gerado um saldo final de ICMS a ser pago. Trata-se de uma situação igualmente insatisfatória. Como explicado anteriormente, não é interessante para a empresa possuir débito final de ICMS a ser pago assim como não é interessante não utilizar os créditos gerados.

Analisemos uma terceira situação: o CD do Paraná abastecendo tanto o mercado em SC como o mercado no PR. Imaginemos que do total de 10 toneladas, a demanda no estado de SC seja de 6,67 toneladas e a demanda no estado no PR seja de 3,33 toneladas. Vejamos como ficaria esta situação:

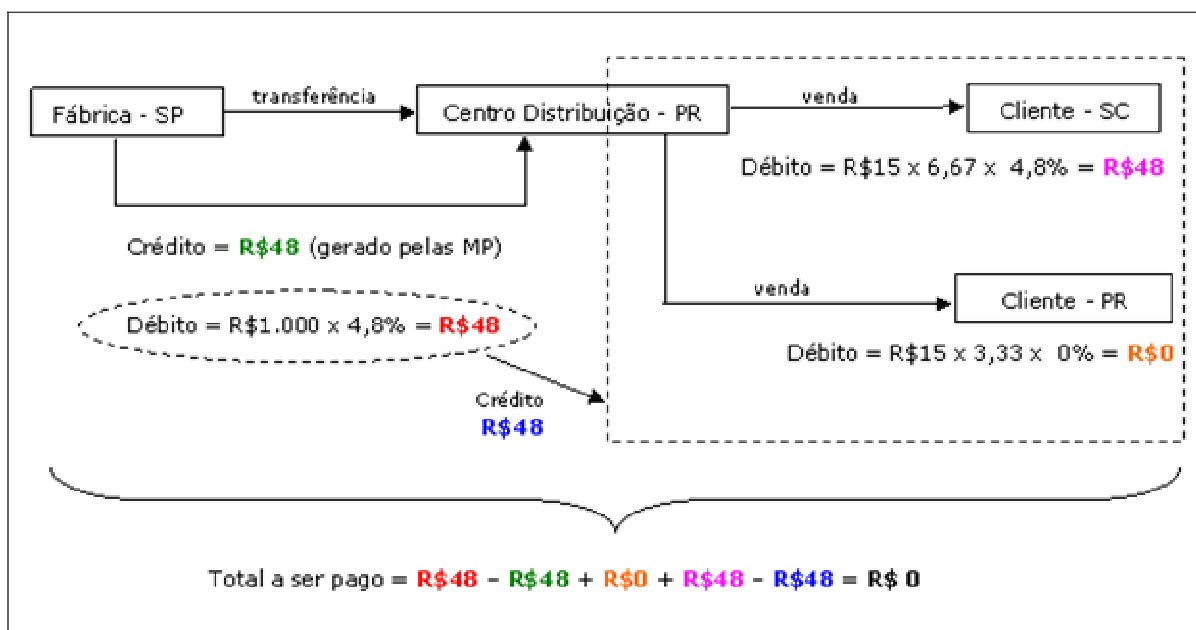


Figura 2.9 - Exemplo 5 de cálculo do ICMS

No exemplo acima, o total de crédito gerado pela operação de transferência continua a ser o mesmo. A parcela de vendas realizada para o estado de SC, gera um débito por se tratar de uma operação entre estados. Já a parcela de vendas realizada dentro do Paraná, não gera débitos por se tratar de uma venda dentro do estado. Desta forma, todos os créditos gerados na transferência são utilizados na distribuição, sendo que as vendas não geram débito final de ICMS a ser pago, assim como utilizam todo o crédito gerado, sem a existência de crédito morto. Trata-se de uma situação ótima em relação aos custos de ICMS.

A seqüência de exemplos mostradas no item anterior demonstra a grande relação entre logística e ICMS. A determinação de localização e área de cobertura de um Centro de Distribuição pode trazer grandes impactos no custo total de ICMS.

No entanto uma malha ótima em termos de custos de ICMS pode não ser uma malha ótima em termos de custos logísticos. Sendo assim, trata-se de grande importância a consideração dos custos totais na modelagem, de forma a obter uma otimização global, tanto em custos de ICMS como em custos logísticos.

Além disso, dada a relevância da geração de crédito morto de ICMS, a modelagem do problema será feita de tal forma que além da minimização dos custos totais, haja um balanço entre todos os créditos e débitos gerados em cada estado. Desta forma não haverá a grande geração de crédito morto como vem havendo na malha logística atual.

Outro aspecto a ser considerado é que, como atualmente não existe a geração de saldo final de ICMS a ser paga no estado de SP, a modelagem não deverá permitir situações onde passe a haver a geração de débito final a ser pago. Quanto à geração de crédito morto, não há problemas na geração dos mesmos, devido aos motivos que já foram expostos acima.

2.9. O problema de localização

Seguindo a classificação dos problemas de localização proposta por Ballou (2001), o problema ao qual se dedica este trabalho pode ser classificado da seguinte maneira:

- ✓ o fator econômico é a principal força direcionadora seguida da necessidade de se manter o nível de serviço;
- ✓ serão localizadas inúmeras instalações de uma só vez;
- ✓ trata-se de um método discreto pois as instalações serão selecionadas a partir de uma lista de possibilidades pré-selecionadas;
- ✓ como a análise será feita para a malha logística em todo o Brasil, o método deverá utilizar dados agregados;
- ✓ será utilizado um método estático pois serão considerados dados relativos ao período de tempo de um ano.

Desta forma, as abordagens propostas por Ballou para o problema de localização de instalações múltiplas são as seguintes:

Métodos Exatos: garantem a solução ótima mas podem consumir um tempo de processamento computacional inviável. Dentre estes métodos, destaca-se:

Múltiplo Centro de Gravidade: encontra a solução de custo mínimo para instalações localizadas entre os pontos de origem e destino. As instalações já devem ser atribuídas aos pontos de origem/destino. São considerados: custo variável de transporte, custos fixo de armazenagem e custos de estoque.

Programação Linear Inteira Mista: permite trabalhar com uma descrição do problema próxima da realidade, lidando com custos fixos e variáveis de maneira ótima. Podem consumir grande tempo de processamento computacional. Uma das abordagens que utiliza a PLIM é a da P-Medianas: considerando-se os custos variáveis de transporte e os custos fixos das instalações, são identificadas as mesmas. O número de instalações a ser localizado deve ser determinado previamente.

Métodos de Simulação: representam matematicamente um sistema logístico e avaliam diversas configurações propostas. Não propõem soluções, apenas avaliam as configurações propostas.

Métodos Heurísticos: princípios que direcionam a resolução do problema com o objetivo de reduzir o tempo de processamento do mesmo. Não garantem a solução ótima mas em contrapartida, os benefícios obtidos através da redução no tempo de processamento podem ser bastante significativos.

Tendo em vista as necessidades do problema proposto (localização da malha ótima, considerando-se custos fixos e variáveis) será utilizado um modelo de otimização abordado através da programação linear inteira mista. Como se trata de um problema relativamente pequeno (produtos agregados em apenas uma linha, apenas uma fábrica e poucos pontos de demanda) não haverá a necessidade elevada de processamento computacional.

Desta forma o modelo deverá determinar a localização, capacidade e área de cobertura de cada Centro de Distribuição de forma a minimizar os custos totais. Isto será possível através da seleção de uma lista de CDs candidatos. Serão considerados na análise:

- ✓ custos de armazenagem fixos e variáveis (transbordo).
- ✓ custos de frete: transferência e distribuição.
- ✓ custos de ICMS.

O modelo terá uma boa flexibilidade, permitindo que sejam feitas simulações para se verificar a situação atual, bem como outras situações que desejem ser analisada.

A compilação de todos as variáveis e parâmetros a serem usados no modelo, bem como toda a formulação matemática do mesmo, segue com detalhes no capítulo seguinte.

3. CONSTRUÇÃO DO MODELO

3.1. Aspectos relevantes na modelagem

Tendo em vista toda a discussão realizada serão determinadas todos os aspectos relevantes na construção do modelo. Lembrando que o objetivo do modelo é determinar o número, localização e área de cobertura dos Centros de Distribuição, de maneira a minimizar os custos totais e eliminar a geração de crédito morto de ICMS nos CDs.

Em relação aos custos logísticos , serão considerados os custos de transporte e armazenagem, pois se tratam dos custos fundamentais que permeiam as operações que serão consideradas: transferência, armazenagem e distribuição. Lembrando que os CD são pontos de transbordo, já que recebem o volume da fábrica e o enviam aos pontos de demanda de sua área de cobertura. Sendo assim a armazenagem terá uma parcela de custo fixo (aluguel do armazém) e uma parcela de custo variável (custo de transbordo).

Como estes CDs possuem capacidade de armazenagem limitada, a modelagem deverá impedir que o volume anual movimentado no CD supere a sua capacidade nominal. Caso perceba-se a necessidade de aumento na capacidade de algum armazém, a mesma só poderá ocorrer se for acompanhada de um aumento nos custos fixos (uma vez que área de armazenagem alugada seria maior). Para evitar o acúmulo de estoque nos CDs e como o atendimento à demanda total é uma das principais necessidades a serem satisfeitas, deverá haver um balanço de massa nos CDs, ou seja, toda a quantidade de material que foi transferida para o CD deverá ser distribuída a partir do mesmo. Assume-se como premissa que todos os CDs possuem a mesma eficiência operacional, sendo que a mudança de CDs não ocasionará perda de qualidade na armazenagem ou aumento no tempo de processamento de pedidos.

O CD da fábrica, por possuir seus custos muito “entrelaçados” com os custos da manufatura e, por ser um espaço próprio da companhia (não implicando no pagamento de aluguel ou em custos variáveis), tem seus custos considerados como zero. Assume-se

que todo o material que sai da linha de produção é transferido em seguida para o CDs (inclusive o CD da fábrica). Sendo assim, o material que fica armazenado no CD da fabrica, destina-se somente à distribuição.

Uma vez que uma região de demanda pode ser atendida por mais de um CD, não haverá restrições quanto à área de cobertura de cada CD. No caso de uma região ser atendida por 2 ou mais CDs, será avaliada a viabilidade de implantação da área de cobertura proposta.

Não existe justificativa para desagregar o volume total de material em linha de produtos, já que as características são semelhantes e todos os CDs receberão todas os SKUs de produto.

Embora a sazonalidade esteja presente na demanda do produto em questão, a mesma não terá relevância na modelagem do problema, uma vez que o objetivo é determinar a malha ótima para a demanda total. Não seria relevante determinar malhas ótimas para cada período da demanda uma vez que mudar a malha logística a cada período do ano seria totalmente inviável para a empresa.

Em relação ao nível de serviço, caso haja alguma piora, a mesma será aceita pela companhia contanto que justificada por um ganho econômico e não ultrapassando excessivamente o tempo máximo de viagem de 4 dias. Sendo assim, inicialmente, não haverá restrições em relação ao nível de serviço.

Quanto à demanda, como as perspectivas de aumento da mesma são calculadas por estado, será assumida como premissa que o crescimento ocorrerá de forma uniforme em todas regiões que compõe o estado. Trata-se de uma premissa bastante consistente, uma vez que as previsões de crescimento são baseadas em fatores comuns a todo o estado (clima, fatores econômicos, disponibilidade de área para plantio e etc).

Em relação ao ICMS, serão consideradas as alíquotas vigentes para o produto em questão, que incluem isenções (vendas intra-estaduais), reduções na base de cálculo (vendas interestaduais) e restrições quanto ao uso de créditos (estados de MG e MT). Além da minimização do total de ICMS a ser pago tanto na fábrica quanto nos CDs, a modelagem deverá impedir a geração de crédito morto nos Centros de Distribuição, visto que esse hoje é um dos principais problemas enfrentados pela companhia. Como o crédito morto gerado na fábrica (estado de SP) não é um problema para a companhia (uma vez que estes créditos são facilmente negociáveis), não haverá restrições quanto à geração do mesmo. Como atualmente o débito final de ICMS a ser pago no estado de SP é nulo (devido aos créditos gerados pelas matérias-primas), a modelagem não deverá permitir que este débito passe a ser positivo.

Apesar de diferentes locais de entrega poderem gerar diferentes custos finais (devido à diferença no frete e no ICMS), estes custos não são repassados para o cliente final. Sendo assim, o preço médio praticado é o mesmo em todo país, não havendo possibilidade de “migração” de demanda devido a diferenças de preços ocorridas por mudanças no CD que abastece a região.

Outra consideração em relação ao ICMS é que tanto os CDs localizados em outros estados, quanto a fábrica e o CD localizados no estado de SP, partem da situação de equilíbrio de ICMS, ou seja, não existe crédito morto acumulado, assim como não existe débito a ser pago.

A modelagem matemática do problema, que será detalhada em seguida, foi formulada com base em todos os aspectos descritos acima. O levantamento de dados para comporem os parâmetros do modelo, será detalhado no capítulo 4.

3.2. Modelo Matemático

Índices:

i ... Fábrica em São Paulo

j ... Centros de Distribuição

Índice j	CD
1	Fábrica
2	SP
3	Ribeirão Preto
4	RS
5	PR
6	MT
7	GO
8	MG

k ... Mercados (mesorregiões do IBGE)

Parâmetros:

Dem_k = demanda no mercado k (Regs)

Cap_j = capacidade anual do depósito j (Regs)

Cap_i = capacidade anual de produção da fábrica (Regs)

$CusT_{ij}$ = custo unitário de transferência da fábrica i para o depósito j (R\$ / Reg)

$CusD_{jk}$ = custo unitário de distribuição do depósito j para o mercado k (R\$ / Reg)

$CusB_j$ = custo unitário de transbordo no depósito j (R\$ / Reg)

$CusFix_j$ = custo fixo do depósito j (R\$ / ano)

$ICMS_{ij}$ = alíquota de ICMS na transferência da fábrica para o depósito j

$ICMS_{jk}$ = alíquota de ICMS na distribuição do depósito j para o mercado k

$PrecM_{custo}$ = preço de custo médio (R\$ / Reg)

$PrecM_{venda}$ = preço de venda médio (R\$ / Reg)

K = crédito ICMS gerado pela entrada de matérias-primas na fábrica

Variáveis:

$Trns_{ij}$ = quantidade transferida da fábrica para o CD j (Reg).

$Dstr_{jk}$ = quantidade distribuída do CD j para o mercado k (Reg).

Z_j = assume valor 1 se o CD j estiver aberto ou 0 em caso contrário.

CT = custo total (R\$ / ano).

Função Objetiva:

$$\begin{aligned}
 \min CT = & \sum_i \sum_j (CusT_{ij} \times Trns_{ij}) \\
 & + \sum_j \sum_k \left\{ [CustD_{jk} + CusB_j] \times \sum Dstr_{jk} \right\} \\
 & + \left\{ \sum_{j|j=4} \sum_k [(Pr ecM_{venda} \times ICMS_{jk}) \times Dstr_{jk}] - \sum_i \sum_{j|j=4} [(Pr ecM_{custo} \times ICMS_{ij}) \times Trns_{ij}] \right\} \\
 & + \left\{ \sum_{j|j=5} \sum_k [(Pr ecM_{venda} \times ICMS_{jk}) \times Dstr_{jk}] - \sum_i \sum_{j|j=5} [(Pr ecM_{custo} \times ICMS_{ij}) \times Trns_{ij}] \right\} \\
 & + \left\{ \sum_{j|j=6} \sum_k [(Pr ecM_{venda} \times ICMS_{jk}) \times Dstr_{jk}] - \sum_i \sum_{j|j=6} [(Pr ecM_{custo} \times ICMS_{ij}) \times Trns_{ij}] \right\} \\
 & + \left\{ \sum_{j|j=7} \sum_k [(Pr ecM_{venda} \times ICMS_{jk}) \times Dstr_{jk}] - \sum_i \sum_{j|j=7} [(Pr ecM_{custo} \times ICMS_{ij}) \times Trns_{ij}] \right\} \\
 & + \left\{ \sum_{j|j=8} \sum_k [(Pr ecM_{venda} \times ICMS_{jk}) \times Dstr_{jk}] - \sum_i \sum_{j|j=8} [(Pr ecM_{custo} \times ICMS_{ij}) \times Trns_{ij}] \right\} \\
 & + \sum_j (CusFix_j \times Z_j)
 \end{aligned}$$

Restrições:

(1) Atendimento à demanda dos mercados:

$$Dem_k \leq \sum_j Dstr_{jk} \quad \forall k.$$

(2) Capacidade de produção da fábrica:

$$\sum_j Trns_{ij} \leq Cap_i \quad \forall i.$$

(3) Capacidade de operação do CD:

$$Trns_{ij} \leq Cap_j \times Z_j \quad \forall j.$$

(4) Balanço de massa dos produtos no CD:

$$Trns_{ij} = \sum_k Dstr_{jk} \quad \forall j.$$

(5) Evitar a geração de crédito morto de ICMS nos CDs localizados fora de SP

$$\sum_k \left[(PrecM_{venda} \times ICMS_{jk}) \times Dstr_{jk} \right] \geq \left[(PrecM_{custo} \times ICMS_{ij}) \times Trns_{ij} \right] \quad \text{para } j = 4, 5, 6, 7 \text{ e } 8.$$

(6) Evitar a geração de débito de ICMS a ser pago em SP:

$$\sum_j \left[(PrecM_{custo} \times ICMS_{ij}) \times Trns_{ij} \right] + \sum_{j|j=1,2,3} \left[(PrecM_{venda} \times ICMS_{jk}) \times Dstr_{jk} \right] \leq K \quad \text{para } j=1, 2 \text{ e } 3.$$

(7) Não negatividade:

$$Trns_{ij} \geq 0 \quad \forall i, \forall j.$$

$$Dstr_{jk} \geq 0 \quad \forall j, \forall k.$$

(8) Variáveis binárias

$$Z_j = \begin{cases} 1, & \text{se o depósito } j \text{ estiver aberto} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad \forall j.$$

A função objetiva é composta por quatro somatórias:

1^a = custo de transferência da fábrica para os CDs j .

2^a = custo de distribuição dos depósitos j para os mercados k , inclui o frete e o custo de transbordo no depósito.

3^a , 4^a , 5^a , 6^a e 7^a = débito final de ICMS a ser pago em cada um dos CDs localizados fora do estado de SP. Tratam-se dos débitos de ICMS que são gerados na distribuição (vendas) subtraídos dos créditos gerados pelas transferências para cada CD. Os créditos nunca serão superiores aos débitos (situação em que há geração de crédito morto) devido à restrição número 5.

8^a = custo fixo dos depósitos.

Já as restrições representam:

- (1) atendimento integral da demanda de cada mercado k ;
- (2) limitação do escoamento de produtos à capacidade de produção da fábrica;
- (3) limitação da movimentação de produtos no depósito à sua capacidade;
- (4) balanço de massa nos depósitos: fluxo de entrada igual ao fluxo de saída;
- (5) não permite que o sistema gere crédito morto de ICMS nos CDs localizados fora do estado de SP. Os créditos nunca poderão ser superiores aos débitos. (O fato de também não se desejar que os débitos sejam superiores aos créditos também já está sendo contemplado na função objetivo, pois nela a diferença entre créditos e débitos está sendo minimizada);
- (6) não permite que haja a geração de débito final de ICMS a ser pago no estado de SP. Ou seja, os débitos gerados pelas transferências saindo de SP para outros estados somados aos débitos gerados pelas vendas saindo de SP, não poderão ser superiores aos créditos gerados pelas matérias-primas que entram na fábrica.
- (7) e (8) restrições de não negatividade e variáveis binárias.

4. PARÂMETROS DO MODELO

Todos os dados necessários para a construção do modelo são dados reais que foram obtidos através das vendas e transferências realizadas durante o período de um ano (período de setembro de 2003 à agosto de 2004).

Como o objetivo do modelo é analisar a malha logística atual, os dados utilizados permitirão chegar a conclusões de ganhos caso se tivesse utilizado uma malha logística otimizada. O modelo pode ajudar no projeto da malha logística futura bastando utilizar parâmetros de previsão de demanda e previsão de custos para os próximos anos.

Em termos de distribuição, a base de dados possui cerca de 17.000 entregas para um total de 2.500 clientes. Para cada uma das entregas, os dados pertinentes utilizados foram: tipo de material e quantidade, valor do frete pago e o valor de venda do material, local de origem e localização do cliente (cidade e estado).

Para as transferências os dados contemplam cerca de 5.000 transferências, com uma média de 1.000 transferências realizadas para cada CD ao longo do ano. Os dados utilizados foram: tipo de material e quantidade, custo do material, valor do frete pago e CD destino. Lembrando que para as transferências existe apenas um local de origem, a fábrica no estado de São Paulo.

Para os fretes de transferência e distribuição não contempladas pela malha logística atual da companhia será utilizada uma média dos valores tabelados atuais.

A fim de preservar a privacidade da empresa, todos os dados numéricos aqui apresentados foram devidamente modificados.

4.1. Produtos

Como explicado no item 2.2 serão considerados na análise apenas os produtos acabados vendidos na modalidade CIF, onde se destacam duas famílias: líquido e granulados. Como todos os CDs recebem de forma igual todos os SKUs da linha de líquidos e granulados, estas duas famílias serão agregadas em uma única linha produtos.

Com objetivo de uniformizar as várias famílias de produto e SKUs em um mesmo padrão de medida a companhia utiliza-se de uma unidade de medida denominada ger. Trata-se de uma unidade de medida baseada no uso do princípio ativo. Todos os dados a serem utilizados neste estudo serão baseados em gers. Seguem os principais dados médios para as duas linhas de produtos agregados:

Peso Bruto	3,10 Kg / ger
Preço de venda	R\$ 45,28 / ger
Preço de Custo	R\$ 23,87 / ger
Quantidade por pallet	254,30 ger / pallet
Quantidade por carreta	7.628,85 ger / carreta

Tabela 4.1 - Dados do produto

Todos os demais parâmetros serão considerados com base na unidade de gers.

4.2. Demanda

Conforme o que foi explicitado no item anterior, a demanda será totalmente analisada agregando-se os dados em uma única linha de produtos, utilizando-se a unidade de Gers.

Para obtenção dos dados de demanda parte-se da premissa de que as vendas realizadas durante o período considerado (set/03 à ago/04) foram suficientes para atender a demanda real dos diversos mercados. Trata-se de uma premissa consistente pois as

vendas realizadas foram consistentes com as previsões realizadas pela companhia para aquele período.

Inicialmente vamos analisar a demanda por estados:

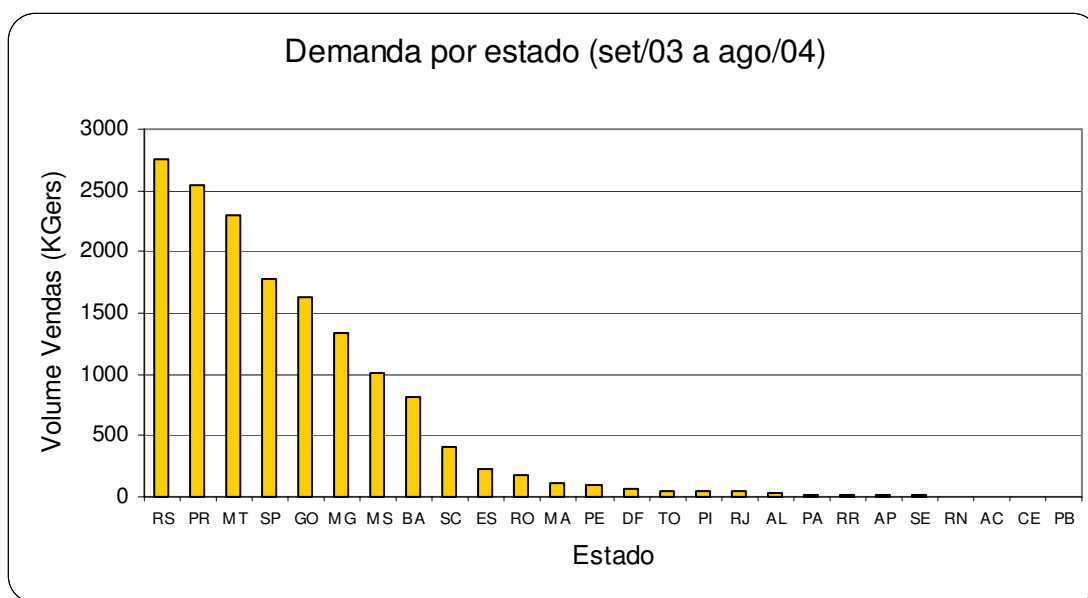


Figura 4.10 - Demanda por Estado

Pode-se observar claramente que menos da metade dos estados são responsáveis quase que pela demanda total. Observa-se também que os cinco primeiros estados com as maiores demandas são os que possuem Centros de Distribuição atualmente.

No entanto a análise por estados é pouco significativa para este estudo por dois motivos:

- o Brasil é um país com dimensões continentais e como serão utilizados valores de frete médio, agregar a demanda em único estado poderia ocasionar a obtenção de dados distorcidos, muito distantes da realidade.
- o mercado de químicos agrícolas não está concentrado nos grandes centros urbano, mas em regiões agrícolas espalhados por cada estado. Uma análise mais detalhada permite identificar tais mercados.

Desta forma, serão consideradas as mesorregiões do IBGE e os dados serão agregados em nível de mesorregião. A agregação foi possível pois para cada uma das 17.000 entregas existe a informação não somente do estado, como também da cidade onde o cliente se localiza. Para se evitar erros decorrentes de cidades com mesmo nome e localizadas em estados diferentes, a identificação da mesorregião levou em conta o nome da cidade bem como o estado da mesma.

Através de uma análise inicial da divisão das mesorregiões em cada estado, pode-se perceber que dois estados com demandas significativas, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, são divididos em um número pequeno de mesorregiões. O estado do Mato Grosso é dividido em apenas 5 mesorregiões e o estado do Mato Grosso do Sul é dividido em 4 mesorregiões. Em comparação com estados menores (ex: Paraná – 10 mesorregiões), trata-se de um número muito pequeno.

Sendo assim as mesorregiões destes estados com demandas mais significativas foram divididas e tiveram a demanda agregada em nível de microrregiões. Desta forma o Mato Grosso que inicialmente possuía a demanda agregada em 5 mesorregiões, passou a ter a demanda agregada em 3 mesos e 11 micros. Já o Mato Grosso do Sul que possuía a demanda agregada em 4 mesos, será analisado com base em 1 meso e 8 micros. A fim de facilitar a análise, a mesorregião (ou microrregião) é identificada pelo estado no qual ela se localizada seguida do número de identificação da mesma (número proposto pelo IBGE). No total, existe demanda em 119 regiões. Seguem as regiões, bem como a porcentagem de demanda total a qual correspondem:

1	RS4301	10,76%	41	SP3501	0,60%	81	AP1602	0,07%
2	GO5205	8,08%	42	RS4302	0,56%	82	BA2903	0,07%
3	MT51004	5,56%	43	PE2605	0,56%	83	DF5301	0,07%
4	MG3105	4,81%	44	PR4104	0,49%	84	MG3107	0,06%
5	MT51006	4,55%	45	SP3513	0,41%	85	MG3109	0,06%
6	MS50010	4,38%	46	SC4204	0,38%	86	PR4101	0,06%
7	PR4106	4,21%	47	BA2904	0,29%	87	SE2803	0,06%
8	PR4102	3,22%	48	MA2105	0,28%	88	MT51005	0,06%
9	MG3110	3,16%	49	TO1702	0,24%	89	ES3204	0,05%
10	BA2901	3,11%	50	PI2203	0,24%	90	PA1506	0,04%
11	PR4103	3,00%	51	MA2104	0,23%	91	MT51002	0,04%
12	SP3502	2,60%	52	SC4203	0,22%	92	AL2702	0,04%
13	BA2907	1,78%	53	MT5104	0,22%	93	GO5201	0,03%
14	PR4105	1,64%	54	SC4202	0,21%	94	MG3104	0,03%
15	MT51019	1,62%	55	AL2703	0,20%	95	RJ3301	0,03%
16	RS4303	1,59%	56	SP3509	0,19%	96	PE2602	0,03%
17	MT51021	1,47%	57	MT5103	0,18%	97	AC1202	0,02%
18	GO5203	1,46%	58	SP3512	0,16%	98	MT51001	0,02%
19	SP3511	1,43%	59	RJ3302	0,15%	99	RN2404	0,02%
20	ES3202	1,43%	60	MG3108	0,15%	100	PA1503	0,02%
21	PR4107	1,43%	61	MT51003	0,15%	101	RJ3303	0,02%
22	RS4306	1,35%	62	MT51020	0,14%	102	PA1501	0,02%
23	PR4108	1,32%	63	SP3515	0,14%	103	CE2303	0,02%
24	RS4304	1,31%	64	SP3503	0,14%	104	RO1101	0,01%
25	GO5204	1,29%	65	MS50011	0,14%	105	MS5001	0,01%
26	SP3507	1,28%	66	MT51022	0,12%	106	SE2802	0,01%
27	RS4305	1,28%	67	MS50004	0,12%	107	PE2604	0,01%
28	SC4201	1,18%	68	MA2102	0,12%	108	BA2905	0,01%
29	RO1102	1,10%	69	MS50007	0,11%	109	SP3514	0,01%
30	MS50003	1,07%	70	TO1701	0,11%	110	ES3201	0,01%
31	SP3510	0,99%	71	RJ3306	0,11%	111	PA1505	0,01%
32	SP3504	0,96%	72	PR4109	0,11%	112	BA2906	0,01%
33	PR4110	0,95%	73	MA2101	0,10%	113	RJ3305	0,01%
34	SP3505	0,94%	74	MG3106	0,10%	114	ES3203	0,005%
35	RS4307	0,92%	75	MT51007	0,09%	115	MS50008	0,003%
36	SP3506	0,82%	76	MG3102	0,09%	116	RN2401	0,003%
37	SP3508	0,77%	77	MG3111	0,09%	117	CE2305	0,002%
38	MS50005	0,69%	78	RR1401	0,08%	118	PB2504	0,002%
39	MT5102	0,67%	79	MG3103	0,08%	119	MS50006	0,001%
40	SC4206	0,66%	80	PI2202	0,07%			

Tabela 4.2 - Distribuição da demanda por região

Estão destacadas as mesorregiões onde estão localizados os atuais Centros de Distribuição. Pode-se visualizar que os CDs atuais não estão localizados nas regiões de maior demanda pois estas regiões geralmente tratam-se de regiões agrícolas, que dificilmente possuem fornecedores de armazenagem.

Podemos observar que existe um grande número de regiões com demanda muito baixa. Sendo assim, para considerar na análise as regiões mais significativas, utilizou-se de um indicador utilizado na companhia quando se deseja avaliar a significância de cada região. Trata-se do número de carretas médias por mês. As regiões cujo número de carretas é inferior à meia carreta por mês, são regiões consideradas pouco importantes e cujo padrão de entregas foge à média das demais mesorregiões. Com base neste critério, as regiões cuja média de carretas por mês for inferior à 0,5 serão desconsideradas na análise. Para estas regiões existem poucas entregas realizadas, sendo que os dados destas entregas seriam insuficiente para se obter dados médios consistentes com a realidade. Desta forma, serão consideradas as primeiras 47 regiões que correspondem à cerca de 95% da demanda total. São elas:

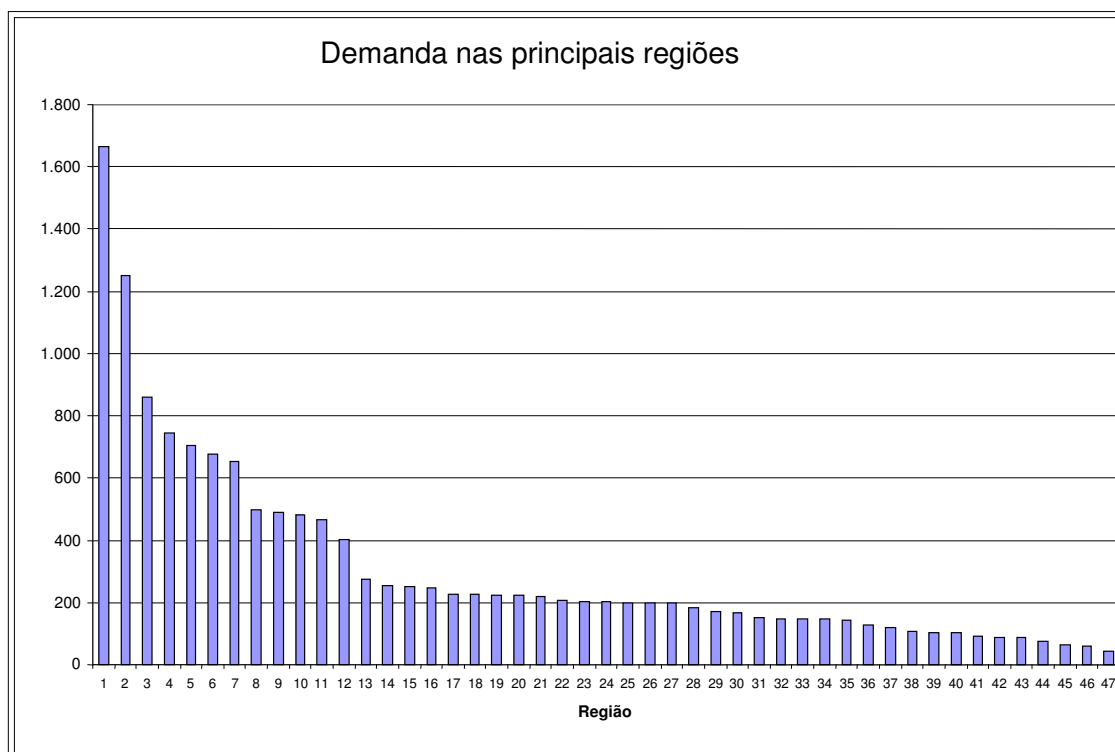


Figura 4.11 - Demandas nas principais regiões

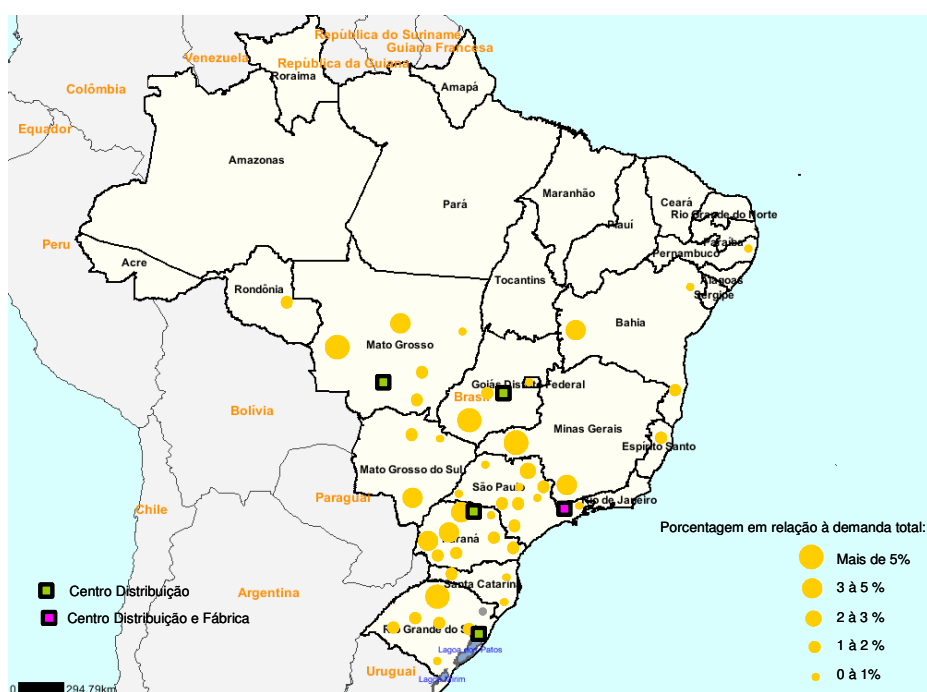


Figura 4.12 - Distribuição da demanda no Brasil

Outro aspecto importante em relação à demanda é a perspectiva de crescimento da mesma. O mercado do insumo agrícola em questão tem sua variação ligada fortemente ao crescimento da produção de culturas como soja e milho. Como as perspectivas para os próximos anos são de aumento destas culturas existem projeções de aumento da demanda. A área de marketing da companhia realiza anualmente as previsões de vendas, trata-se de previsões bastante complexas, que envolvem não só a perspectiva de aumento de área plantada das principais culturas como também: necessidade de vendas para se atingir o market-share, perspectiva de aumento nas exportações, previsões climáticas, perspectiva de créditos para os produtores, possibilidade de utilização de sementes geneticamente modificadas, entre outros. Não se trata simplesmente de avaliar a tendência da demanda nos últimos anos, este é apenas um dos fatores considerados na análise.

Vale ressaltar que o crescimento da demanda não se dá de forma uniforme pelo país. Algumas regiões, como o sul do país, apesar de serem os principais produtores atualmente, possuem menores perspectivas de crescimento. Isso acontece devido à disponibilidade de área para plantio e mão-de-obra. Outras regiões, que hoje ainda possuem uma demanda reduzida (como é o caso do Mato Grosso) possuem maiores perspectivas de aumento.

O objetivo deste trabalho não é detalhar o modelo de previsão de demanda e nem ao menos propor algum modelo para a previsão da mesma. Desta forma serão utilizadas as previsões já realizadas pela companhia. Serão consideradas as previsões de crescimento da demanda para os próximos 2 e 5 anos. Esta previsão é feita por estado. Sendo assim, como a demanda estará sendo analisada por região, será assumida como premissa que o aumento da demanda se dará de forma uniforme em todo o estado. Vejamos:

	2 anos	5 anos
BA	6%	15%
ES	6%	15%
GO	12%	30%
MG	6%	15%
MS	7%	12,5%
MT	12%	30%
PE	6%	15%
PR	3%	7.50%
RO	6%	15%
RS	3%	7.50%
SC	5%	12,5%
SP	5%	12,5%

Tabela 4.3 - Previsão de aumento da demanda por Estado

Esta porcentagem de aumento da demanda por estado será considerada em uma das análises do modelo.

4.3. Custo de Frete

Serão utilizados os valores de fretes médios de distribuição e transferências entre as diversas origens/destinos. Como se trata de um mercado bastante pulverizado, onde os pontos de entrega localizam-se em regiões bem diversas, em sua maioria longe dos grandes centros urbanos e muitas vezes em zonas rurais alguns fatores influenciam bastante o custo de frete, tais como:

- frete de retorno: quanto menor a possibilidade de a carreta voltar carregada de determinada região, maior será o custo de frete.
- condições das rodovias: frete maior quanto pior forem as condições das estradas.
- tipo de carga: completa ou fracionada. Cerca de 40% das distribuições são feitas através de cargas fracionadas, o que influencia bastante no custo de frete.
- tipo de veículo: o tamanho do veículo.

Desta forma pode-se perceber que a distância é somente um dos fatores de grande influência na composição do custo de frete. Optou-se então por utilizar valores médios de fretes entre as diversas regiões. Desta forma, todos os fatores acima, inclusive a distância, estarão sendo contemplados.

Para as regiões não contempladas na malha logística atual, será calculado também o valor de frete médio com base na tabela de fretes da companhia.

Os custos de fretes terão também como unidade R\$ / gers. A tabela com frete médio entre as regiões encontra-se disponível no Anexo B.

4.4. Capacidade da Fábrica: produção e armazenagem

Não será considerada a capacidade total de produção da fábrica, mas somente a capacidade de produção dos produtos contemplados no estudo (linha: líquidos e granulados). Desta forma temos as seguintes capacidades:

Líquidos = 10.700.000 gers

Granulados = 10.900.000 gers

TOTAL = 21.600.000 gers / ano

Esta capacidade total será considerada no modelo.

Um fator limitante no estudo é a capacidade de armazenagem de produtos acabados na fábrica, que hoje se limita a uma quantidade de 1.500 posições pallet, divididas em dois depósitos localizados próximos às linhas de produção. Desta forma o depósito da fábrica será contemplado no modelo como um dos Centros de Distribuição. Como o transporte do final da linha de produção até o depósito são feitos através de empilhadeiras e como os custos de manutenção do depósito são compartilhados com os custos da manufatura, irá se considerar que este depósito possui custos iguais a zero.

4.5. Centros de Distribuição: custos e capacidades

Como explicado anteriormente, todos os centros de distribuição são armazéns contratados pela companhia. Para cada um dos CDs contratados são feitas negociações diferenciadas, mas na maioria dos casos é contratado um espaço fixo pelo qual se paga um valor fixo mensal. Além disso existe um custo variável que pode ser cobrado por pallet ou toneladas movimentadas, trata-se do custo de transbordo.

Como o objetivo é analisar a malha logística atual, serão considerados os custos atuais de cada um dos centros de distribuição. São eles:

Depósitos	Capacidade mensal (posições pallet)	Capacidade anual (gers)	Custo FIXO anual	Custo TRANSBORDO (R\$ / ger)
Fabrica	1.500	4.577.312	R\$ 0,00	R\$ 0,00000
SP	3.000	9.154.625	R\$ 414.720,00	R\$ 0,01835
RS	2.160	6.591.330	R\$ 630.374,40	R\$ 0,04025
PR	1.188	3.625.231	R\$ 204.256,08	R\$ 0,02127
MT	1.800	5.492.775	R\$ 518.400,00	R\$ 0,01573
GO	2.250	6.865.968	R\$ 254.469,60	R\$ 0,01573

Tabela 4.4 - Custos e capacidades dos CDs

4.5.1 Pontos Candidatos

Todos os centros de distribuição atuais serão considerados pontos candidatos a serem CDs. Além disso outros dois pontos a serem analisados serão selecionados. Estes dois pontos tratam-se de localidades onde a empresa desejaria estudar a viabilidade de abertura de CDs. São eles:

Uberlândia - MG: Minas Gerais trata-se de uma região de importante demanda e alíquota de ICMS reduzida (7%, vendas saindo de Minas para estados outros que não sejam SP, PR, RS, RJ e SC). Além disso a empresa teria maiores facilidades em abrir um CD nesta região pois nela já se localizam escritórios da companhia. Em termos de demanda, a mesorregião onde se insere Uberlândia responde por 3,7% da demanda total do país.

Ribeirão Preto – SP: também se trata de uma região de importante demanda no estado de São Paulo e cuja alíquota de ICMS está no mesmo caso da alíquota de Minas Gerais. Em termos de demanda, a mesorregião onde se insere Ribeirão Preto responde por 2,6% da demanda total do país.

Para os custos de Cds nestas regiões serão consideradas cotações de preços médios realizadas pela empresa na região:

Depósitos	Capacidade mensal (posições pallet)	Capacidade anual (gers)	Custo FIXO anual	Custo TRANSBORDO (R\$ / ger)
Ribeirão Preto	1200	3.661.850	R\$ 300.000,00	R\$ 0,01658
Uberlândia	1500	4.600.000	R\$ 250.000,00	R\$ 0,01652

Tabela 4.5 - Custos e capacidades dos novos CDs

Apesar da empresa sempre almejar a abertura de CDs nestas duas regiões pelos motivos citados acima, nunca houve nenhum estudo para se verificar a viabilidade econômica da abertura dos mesmos. O objetivo deste modelo será justamente analisar a malha logística tendo em vista os objetivos e necessidades da empresa.

4.6. ICMS

Como explicado no item 2.5.1, o produto em questão possui regulamentações especiais para as alíquotas de ICMS:

- vendas dentro do mesmo estado: alíquota de 0%.
- vendas entre estados: redução de 60% na base de cálculo.

Estas alíquotas valem tanto para os créditos de ICMS (obtidos nas transferências) quanto para os débitos de ICMS (incorrido nas vendas).

Portanto para vendas interestaduais onde a alíquota base de ICMS é de 7%, teremos uma alíquota de 2,8% e para as regiões onde a alíquota base de ICMS é de 12%, teremos uma alíquota de 4,8%.

A tabela com as alíquotas para o produto em questão encontra-se disponível no Anexo C.

O fato dos créditos obtidos nas transferências, não poderem ser utilizados nos estados de MG e MT (como foi explicado no item 2.8.1), será considerado da seguinte maneira na modelagem:

- transferências de SP para MG ou MT: débito gerado pela alíquota de ICMS normal.
- crédito obtido nas transferências: alíquota 0%.

Em relação ao crédito ICMS gerado pela matéria-prima que entra na fábrica, o mesmo será calculado da seguinte forma:

$$K = \text{Preço da matéria prima} \times \text{Qtde} \times 12\%.$$

Sabe-se que para se fabricar 1 ger de produto acabado é necessário 1 ger de matéria prima. Sendo assim a quantidade de matéria prima a ser considerada será a quantidade total de produto acabado que será distribuída. Para as situações de aumento da demanda, para calcular o novo K basta aumentar a quantidade total de matéria prima utilizada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Processamento do modelo

Antes de iniciarmos as discussões sobre as soluções obtidas, segue uma breve discussão a respeito da ferramenta utilizada para o processamento do modelo.

Para podermos implementar a formulação matemática descrita no capítulo 3, foi escolhido o software *SOLVER*, que se trata de um suplemento do aplicativo Microsoft Excel. Trata-se de um software simples de ser utilizado, devido à interface amigável proporcionada pela utilização das planilhas do Excel. O *SOLVER* permite:

- ✓ identificar a célula que contém a função objetiva e pode ser maximizada, minimizada ou igualada a um valor desejado;
- ✓ tornar uma célula variável;
- ✓ construir restrições (maior ou igual, menor ou igual e igual).

O modelo possui cerca de 392 variáveis, 64 restrições, 8 variáveis inteiras binárias e 843 parâmetros e foi rodado em um computador com processador *Celeron 2,2 Ghz com 512 Mb de memória RAM*, demandando alguns segundos de processamento.

5.2. Consolidação do Modelo

Tendo o modelo em mãos e tendo definido todos os parâmetros, o próximo passo será verificar a consistência do modelo com a realidade. Para o período relativo aos dados utilizados (set/03 à ago/04) serão comparados os orçamentos da companhia para os custos de frete e armazenagem e os custos obtidos através do modelo. Segue a comparação:

	Orçamento Real	Modelo	Diferença
Armazenagem	R\$ 2.400.000	R\$ 2.354.040,62	-1,91%
Frete	R\$ 9.250.000,00	R\$ 9.480.470,66	2,49%
Créd morto ICMS SP	existe	(R\$ 1.351.996,73)	----
Déb ICMS SP	nulo	R\$ 0	----
Créd morto ICMS CDs	existe	(R\$ 6.595.196,85)	----
Déb ICMS CDs	existe	R\$ 102.605,14	----

Tabela 5.1 - Comparação do modelo com o orçamento real

Observam-se pequenas diferenças para os custos de frete (transferência e armazenagem) e os custos de armazenagem (transbordo e custo fixo). Em relação ao ICMS o departamento fiscal da companhia não divulga os valores dos débitos e créditos para cada estado. Porém é sabido que tanto no estado de SP quando nos CDs existe a geração de crédito morto. Nos CDs existe um pequeno débito final de ICMS a ser pago. Apesar de não haverem números a serem comparados, a lógica do modelo em relação aos créditos/débitos ICMS mostra-se consistente com a realidade atual da empresa.

De uma forma geral podemos considerar o modelo consistente e iniciar o processo de otimização e simulações.

5.3. Custos gerados pela malha logística atual

Antes de iniciar o processo de otimização e simulações, será feito um resumo de toda malha logística atual, bem como os custos envolvidos. Esta “fotografia” da situação atual servirá de base de comparação para as novas situações propostas.

Vejamos inicialmente a área de cobertura de cada um dos Centros de Distribuição atuais.

Os diversos mercados representados no mapa, são identificados da seguinte maneira:

cor: representa o CD pelo qual o mercado é atendido. Os CDs estão identificados no mapa pelos pontos quadrados.

tamanho: representa o volume da demanda conforme a legenda

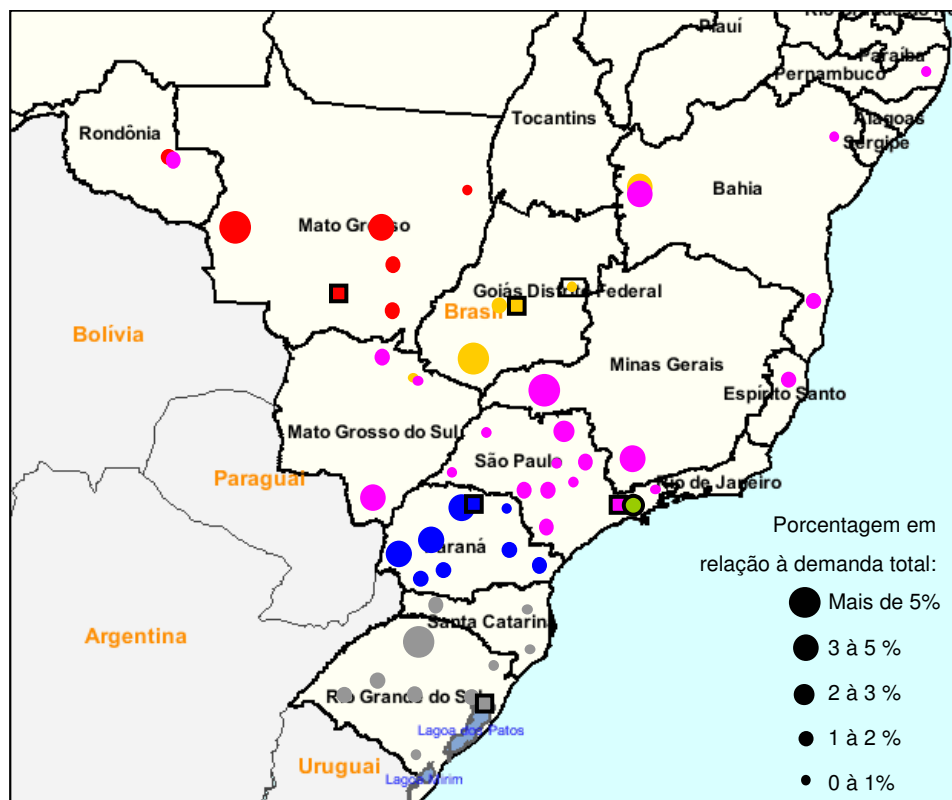


Figura 5.13 - Área de cobertura dos CDs na malha logística atual

Seguem os custos logísticos gerados por esta malha:

CD	Qtde Transf (gers)	Frete Transf	Armazenagem	Frete Distrib
SP – CD	4.951.907,48	R\$ 349.780,00	R\$ 505.594,34	R\$ 2.690.462,12
RS	3.090.396,48	R\$ 1.257.157,90	R\$ 754.763,95	R\$ 767.433,77
PR	2.516.701,98	R\$ 695.710,20	R\$ 257.788,25	R\$ 706.550,49
MT	2.194.677,52	R\$ 947.553,92	R\$ 552.921,74	R\$ 846.583,84
GO	1.812.026,32	R\$ 763.639,67	R\$ 282.972,33	R\$ 455.598,73
TOTAL	14.565.709,78	R\$ 4.013.841,70	R\$ 2.354.040,62	R\$ 5.466.628,96
Custo Logístico TOTAL		R\$ 11.834.511,27		

Tabela 5.2 - Custos logísticos gerados pela malha atual

Vejamos agora a estrutura de custos do ICMS:

	Déb ICMS - transf	Créd ICMS - transf	Déb ICMS - distrib	Saldo Final	
RS	R\$ 3.540.852,67	R\$ 3.540.852,67	R\$ 743.987,68	(R\$ 2.796.864,99)	créd morto
PR	R\$ 2.883.536,47	R\$ 2.883.536,47	R\$ 0,00	(R\$ 2.883.536,47)	créd morto
MT	R\$ 1.466.834,67	R\$ 0,00	R\$ 102.605,14	R\$ 102.605,14	débito pago
GO	R\$ 1.211.085,91	R\$ 1.211.085,91	R\$ 296.290,51	(R\$ 914.795,40)	créd morto

TOTAL ICMS	Déb Distrib.	R\$ 102.605,14
CDs	Créd Morto	(R\$ 6.595.196,85)

	Créd ICMS - matérias primas	Déb ICMS - transf	Déb ICMS - distrib	Saldo Final	
SP	R\$ 15.730.966,56	R\$ 9.102.309,71	R\$ 5.276.660,13	(R\$ 1.351.996,73)	créd morto

Tabela 5.3 - Custos de ICMS gerados pela malha atual

Para deixar mais clara a estrutura do ICMS, cada um dos créditos/débitos de ICMS gerados serão explicados detalhadamente:

CD Rio Grande do Sul: o crédito é gerado através das transferências provenientes da fábrica (localizada no estado de SP). Os débitos gerados provêm das vendas interestaduais (no caso, para o estado de Santa Catarina). As vendas realizadas dentro do Rio Grande do Sul não geram débito.

CD Paraná: o crédito é gerado através das transferências provenientes da fábrica (localizada no estado de SP). Não existe débito de ICMS pois todas as vendas (distribuição) ocorrem dentro do estado do Paraná (alíquota zero de ICMS).

CD Mato Grosso: apesar de haver tributação na transferência de material da fábrica para o CD, o crédito gerado é zero devido a uma regulamentação especial neste estado, como foi explicado no item 4.6. O débito gerado provém das vendas interestaduais.

CD Goiás: o crédito é gerado através das transferências provenientes da fábrica (localizada no estado de SP). O débito gerado provém das vendas interestaduais.

São Paulo: os débitos totais são gerados pelas transferências que partem da fábrica com destino a outros estados e das vendas que partem do estado de SP. Todos estes débitos gerados são inferiores aos créditos gerados pelas matérias-primas provenientes da Bahia.

Os créditos não utilizados não podem ser somados aos custos totais, pois não se trata de um gasto efetivo da companhia. Desta forma eles serão analisados e comparados com as otimizações propostas separadamente dos custos totais (logística + ICMS).

Custos TOTAIS	Logística	R\$ 11.834.511,27
	ICMS	R\$ 102.605,14
	Log + ICMS	R\$ 11.937.116,41
	Créd Morto CDs	(R\$ 6.595.196,85)

Tabela 5.4 - Custos totais gerados pela malha atual

O crédito morto gerado em SP não será levado em consideração na análise pois trata-se de um crédito facilmente eliminado através de “troca” com fornecedores. Lembrando que o objetivo da modelagem em relação à custos de ICMS é a eliminação da geração de crédito morto nos CDs e a minimização do débito final de ICMS a ser pago nos mesmos. Em relação ao estado de SP não serão permitidos que os débitos finais sejam superiores aos créditos gerados.

5.4. Otimização 1: custos logísticos

Antes de iniciarmos o processo de otimização considerando todos os custos e restrições, será feita uma análise otimizando somente os custos logísticos. Para esta análise foram eliminadas a 3ª. e 4ª. parcelas da função objetiva bem como a restrição no. 5 e no.6 (todas referentes aos custos de ICMS). Vejamos qual seria a malha ótima proposta em termos de custos logísticos:

CD	Variável	Qtde Transf (gers)	Frete Transf	Armazenagem	Frete Distrib
SP - fábrica	1	4.577.312,26	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 2.022.830,68
SP – CD	1	7.158.828,85	R\$ 505.666,79	R\$ 546.094,39	R\$ 4.094.046,52
Ribeirão	0	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
RS	0	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
PR	0	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
MT	0	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
GO	1	2.829.568,67	R\$ 1.192.461,09	R\$ 298.978,02	R\$ 1.435.170,03
MG	0	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
TOTAL		14.565.709,78	R\$ 1.698.127,88	R\$ 845.072,42	R\$ 7.552.047,24
Custo Logístico TOTAL			R\$ 10.095.247,53		

Tabela 5.5 - Custos logísticos da Otimização 1

Comparação com os custos logísticos gerados pela malha atual:

Situação Atual	R\$ 11.834.511,27
Situação Otimizada	R\$ 10.095.247,53
Comparação	- 14,7 %

Tabela 5.6 - Comparação dos custos logísticos atuais x Otimização 1

A uma primeira vista, a redução de 14,7% nos custos logísticos pode parecer animadora. No entanto, analisemos agora os custos de ICMS gerados pela malha otimizada somente em termos de custos logísticos:

	Déb ICMS - transf	Créd ICMS - transf	Déb ICMS - distrib	Saldo Final
GO	R\$ 1.891.170,52	R\$ 1.891.170,52	R\$ 5.223.906,71	R\$ 3.332.736,19
	Créd ICMS - matérias primas	Déb ICMS - transf	Déb ICMS - distrib	Saldo Final
SP	R\$ 15.730.966,56	R\$ 1.891.170,52	R\$ 18.955.771,26	R\$ 5.115.975,21

Tabela 5.7 - Custos de ICMS da Otimização 1

Comparação em relação aos custos totais:

		Otimização 1	Situação Atual	Comparação
Custos TOTAIS	Logística	R\$ 10.095.247,53	R\$ 11.834.511,27	-14,70%
	ICMS	R\$ 8.448.711,41	R\$ 102.605,14	8134,20%
	Log + ICMS	R\$ 18.543.958,94	R\$ 11.937.116,41	55,35%
	Créd Morto SP	R\$ 0,00	(R\$ 1.351.996,73)	-100,00%
	Créd Morto CDs	R\$ 0,00	(R\$ 6.595.196,85)	-100,00%

Tabela 5.8 - Comparação dos custos totais atuais x Otimização 1

Apesar da malha otimizada em termos logísticos não gerar crédito morto nos CDs e em SP, notamos um aumento considerável do débito total do ICMS a ser pago. Ou seja, quando o custo de ICMS não é considerado na otimização da malha, a solução obtida pode até gerar menores custos logísticos, mas essa redução acaba sendo superada por um aumento significativo dos custos de ICMS. Nota-se que houve um aumento de 55,35% nos custos totais. Mais uma vez comprova-se aqui a enorme relevância da consideração do ICMS no projeto de malhas logísticas.

Iniciemos agora as otimizações, tendo em vista a proposta inicial: minimização dos custos logísticos e custos de ICMS (redução do débito total a ser pago bem como eliminação de fontes de geração de créditos “morto” nos CDs.).

5.5. Otimização 2: custos logísticos e ICMS

Na primeira otimização realizada obteve-se uma eliminação total dos créditos mortos gerados no CD, bem como uma redução de 9,63% nos custos totais. No entanto observou-se que as restrições de capacidade dos CDs da fábrica e do Paraná estavam sendo restrições ativas. Ou seja, toda a capacidade do depósito estava sendo utilizada. Para o CD da fábrica não existe possibilidade de ampliação da capacidade, sendo que a mesma implicaria em investimentos e necessidade de espaço que hoje seriam totalmente inviáveis para a companhia. Mas para o CD do PR, existe a possibilidade de ampliação da capacidade do mesmo, devido às características da estrutura de contratação de serviços de armazenagem dispostas no item 2.3. É sabido que este fornecedor de armazenagem possui uma grande área para armazenagem disponível, sendo que uma necessidade maior de espaço de armazenagem implicaria apenas em uma mudança contratual e um pagamento de um custo fixo mensal maior.

Sendo assim, relaxou-se a restrição em relação à capacidade dos CD do PR e obteve-se qual seria a capacidade ótima necessária. Para este aumento de capacidade houve um aumento proporcional nos custos fixos. Considerando-se o aumento da capacidade e aumento dos custos fixo deste CD, otimizou-se novamente o modelo a fim de se verificar se com o incremento nos custos fixos a solução encontrada permaneceria ótima.

Os custos logísticos e de ICMS gerados pela solução ótima encontrada foram os seguintes:

CD	Variável	Qtde Transf (gers)	Frete Transf	Armazenagem	Frete Distrib
SP - fábrica	1	4.577.312,26	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 2.060.471,15
SP - CD	0	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Ribeirão	0	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
RS	0	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
PR	1	5.421.097,16	R\$ 1.498.593,26	R\$ 425.196,88	R\$ 2.061.655,72
MT	1	2.147.468,88	R\$ 927.171,55	R\$ 552.179,16	R\$ 811.478,68
GO	1	2.419.831,48	R\$ 1.019.786,13	R\$ 292.532,96	R\$ 910.912,77
MG	0	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
TOTAL		14.565.709,78	R\$ 3.445.550,94	R\$ 1.269.909,00	R\$ 5.844.518,33
Custo Logístico TOTAL			R\$ 10.559.978,26		

Tabela 5.9 - Custos logísticos gerados pela Otimização 2

	Déb ICMS - transf	Créd ICMS - transf	Déb ICMS - distrib	Saldo Final
PR	R\$ 6.211.276,29	R\$ 6.211.276,29	R\$ 6.211.276,29	R\$ 0,00
MT	R\$ 1.435.282,30	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
GO	R\$ 1.617.318,57	R\$ 1.617.318,57	R\$ 1.617.318,57	R\$ 0,00

	Créd ICMS - matérias primas	Déb ICMS - transf	Déb ICMS - distrib	Saldo Final
SP	R\$ 15.730.966,56	R\$ 9.263.877,16	R\$ 5.140.513,70	(R\$ 1.326.575,71)

Tabela 5.10 - Custos de ICMS da Otimização 2

Vejamos a comparação da otimização com os custos gerados pela malha atual:

		Otimização 2	Situação Atual	Comparação
Custos TOTAIS	Logística	R\$ 10.559.978,26	R\$ 11.834.511,27	-10,77%
	ICMS CDs	R\$ 0,00	R\$ 102.605,14	-100,00%
	Log + ICMS	R\$ 10.559.978,26	R\$ 11.937.116,41	-11,54%
	Créd Morto CDs	R\$ 0,00	(R\$ 6.595.196,85)	-100,00%

Tabela 5.11 - Comparação dos custos totais atuais x Otimização 2

A otimização reduz o número total de CDs, fechando os CDs de São Paulo e Rio Grande do Sul. Lembrando que teve como premissa o aumento da capacidade do CD no PR. Comparando a otimização com a situação atual, existe uma diminuição nos custos e nos custos de ICMS, gerando uma diminuição de 11,54% nos custos totais. Em relação ao crédito morto gerado nos CDs, existe a eliminação de 100% dos mesmos.

Vejamos agora a comparação da área de cobertura atual com a área de cobertura proposta pela otimização:

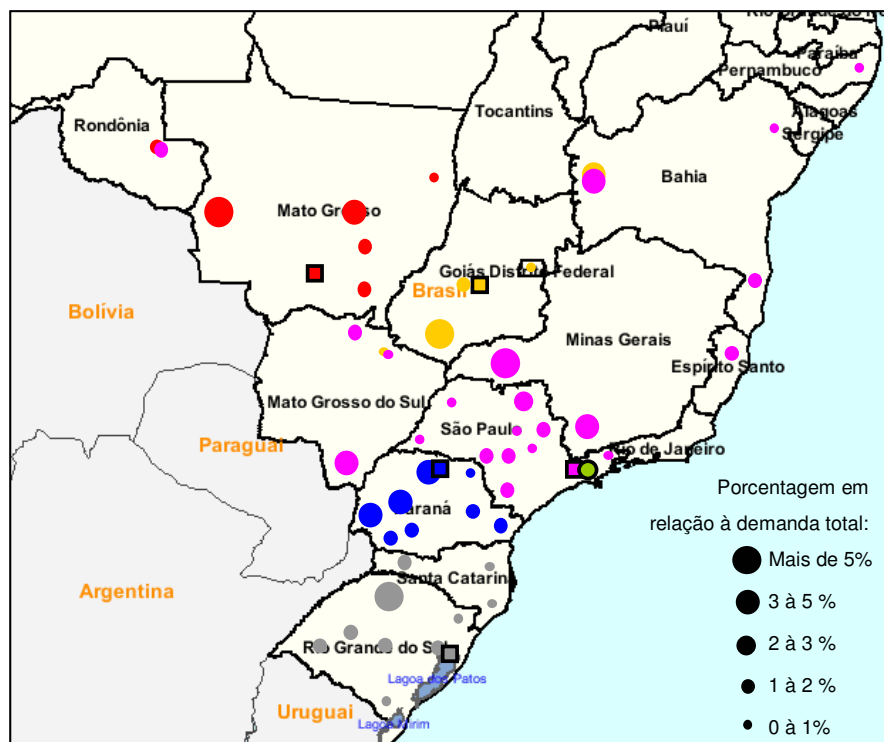


Figura 5.14 - Área de cobertura atual

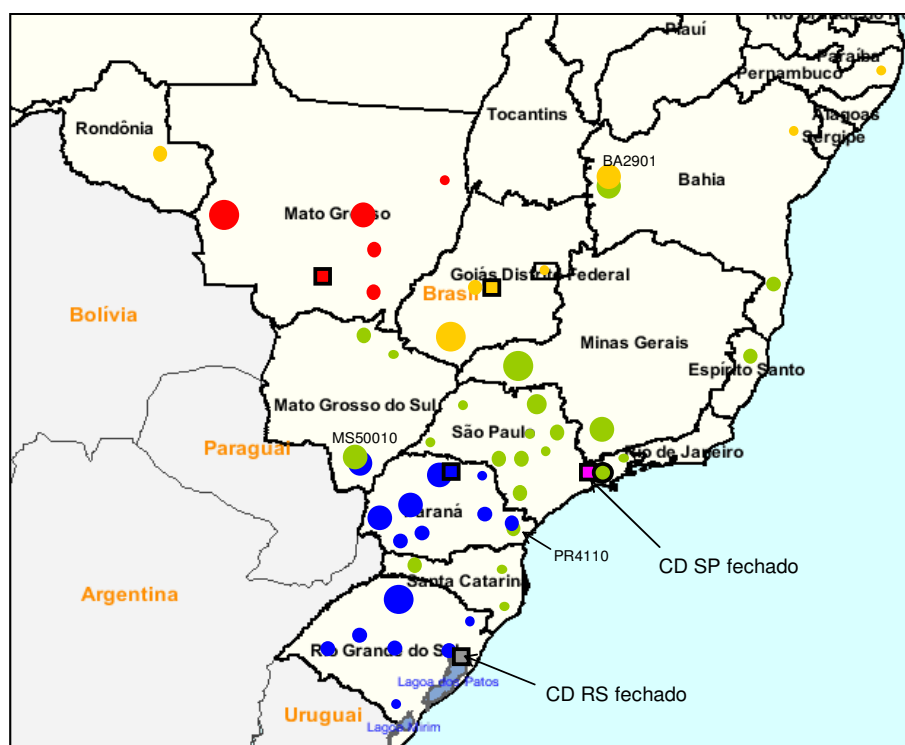


Figura 5.15 - Área de cobertura proposta pela Otimização 2

Iremos analisar a mudança ocorrida em cada um dos estados:

RS: com o fechamento do CD no Rio Grande do Sul e com o aumento da capacidade do CD no Paraná, a região passará a ser atendida pelo CD do Paraná.

SC: com o fechamento do CD no Rio Grande do Sul, a região passará a ser atendida pela fábrica em São Paulo.

PR: todas as regiões continuam ser atendidas pelo CD do Paraná.

SP: todas as regiões (antes atendidas tanto pela fábrica quando pelo CD da Fábrica) passarão a ser atendida integralmente pela Fábrica.

MS: todas as regiões, antes atendidas por São Paulo e Goiânia, passarão a ser atendida pelo CD do Paraná e pelo CD da Fábrica.

MG: todas as regiões antes atendidas pelo CD de São Paulo passarão a ser atendida integralmente pela Fábrica.

GO: continua a ser atendida pelo CD de Goiás.

MT: continuará a ser atendido integralmente pelo CD localizado no mesmo estado.

BA: terá parte de sua demanda atendida por SP e parte por Goiás.

PE e RO: antes atendidas por São Paula passarão a ser atendida pelo CD de Goiás.

ES: continuará a ser atendido por São Paulo.

Notamos inicialmente que o CD localizado em São Paulo, próximo à fábrica, é totalmente desnecessário, sendo que toda a demanda por ele atendida pode ser atendida pelo depósito da fábrica. Em termos operacionais (picking, separação de pedidos, faturamento) o depósito da fábrica tem condição perfeita de realizar vendas.

Algumas regiões passarão a ser atendidas ao mesmo tempo por dois CDs. Vejamos quais são os CDs e quanto qual a porcentagem que cada CD deve suprir da demanda da região.

	CD Fábrica	CD PR	CD GO
BA2901	8%	0	92%
MS50010	72%	28%	0
PR4110	22%	78%	0

Tabela 5.12 - Regiões atendidas por dois CDs

Iremos verificar agora a viabilidade operacional de uma região ser atendida por dois CDs ao mesmo tempo. Analisemos a demanda por cidade que compõe a região:

BA2901: existe uma cidade (Formosa do Rio Preto) que corresponde por 8% da demanda total da região. Esta cidade poderia ser atendida pelo CD de SP e as demais poderiam ser atendidas pelo CD de Goiás.

MS50010: as cidades de Dourados, Maracaju e Rio Brilhante correspondem a 72% da demanda da região. Estas cidades poderiam ser atendidas pelo CD de SP e as demais poderiam ser atendidas pelo CD do Paraná.

PR4110: a cidade de Lapa corresponde por aproximadamente 22% da demanda total da região. Esta cidade poderia ser atendida pelo CD de SP e as demais poderiam ser atendidas pelo CD do Paraná.

Trata-se de uma situação perfeitamente possível de ser operacionalizada, sendo que os vendedores destas regiões ou os analistas de logística, teriam que alocar os pedidos de venda para cada um dos CDs conforme a cidade onde a venda estivesse sendo realizada.

Antes de avaliarmos as mudanças ocorridas no nível de serviço, uma outra análise é de fundamental importância. Como explicado no item 4.2 a demanda possui perspectivas de crescimento. Sendo assim, a simulação de cenários futuros passa a ter enorme relevância. A previsão de crescimento de vendas é diferente para cada um dos estados e como os dados de crescimento fornecidos pela companhia são por estados, será assumida como premissa que o crescimento se dará de forma uniforme dentro de cada um dos estados. Serão feitas simulações para daqui a 2 e 5 anos.

5.6. Otimização 3: aumento da demanda em 2 anos

Para esta simulação, incrementou-se a demanda nos parâmetros da modelagem conforme as porcentagens de crescimentos expostas no item 4.2. Nesta otimização manteve-se o relaxamento da restrição em relação a capacidade do CD no PR. Seguem a solução ótima obtida para um aumento da demanda em 2 anos:

CD	Variável	Qtde Transf	Frete Transf	Armazenagem	Frete Distrib
SP - fábrica	1	4.577.312,26	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 2.029.432,08
SP - CD	0	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Ribeirão	0	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
RS	0	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
PR	1	5.803.394,23	R\$ 1.604.274,41	R\$ 453.048,68	R\$ 2.169.213,17
MT	1	2.405.165,15	R\$ 1.038.432,14	R\$ 556.232,66	R\$ 908.856,13
GO	1	2.695.589,28	R\$ 1.135.998,35	R\$ 296.870,56	R\$ 1.012.910,72
MG	0	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
TOTAL		15.481.461	R\$ 3.778.704,89	R\$ 1.306.151,90	R\$ 6.120.412,09
Custo Logístico TOTAL			R\$ 11.205.268,88		

Tabela 5.13 - Custos Logísticos gerados pela Otimização 3

Vejamos agora os custos de ICMS:

Otimização 3	
Déb ICMS CDs	R\$ 0,00
Déb ICMS SP	R\$ 0,00
Créd Morto ICMS CDs	R\$ 0,00

Tabela 5.14 - Custos de ICMS gerados pela Otimização 3

A malha proposta alcança o ótimo em termos de ICMS: não geração de débitos extras e serem pagos e não geração de crédito morto nos CDs.

A malha ótima para o aumento da demanda em 2 anos, mantém o número e localização dos CDs, existindo apenas o aumento na capacidade do CD do Paraná. Existem apenas algumas mudanças em relação à área de cobertura de cada CD. Vejamos como ficaria a área de cobertura de cada um dos CDs e a comparação com a malha ótima proposta para a demanda atual (otimização 2):

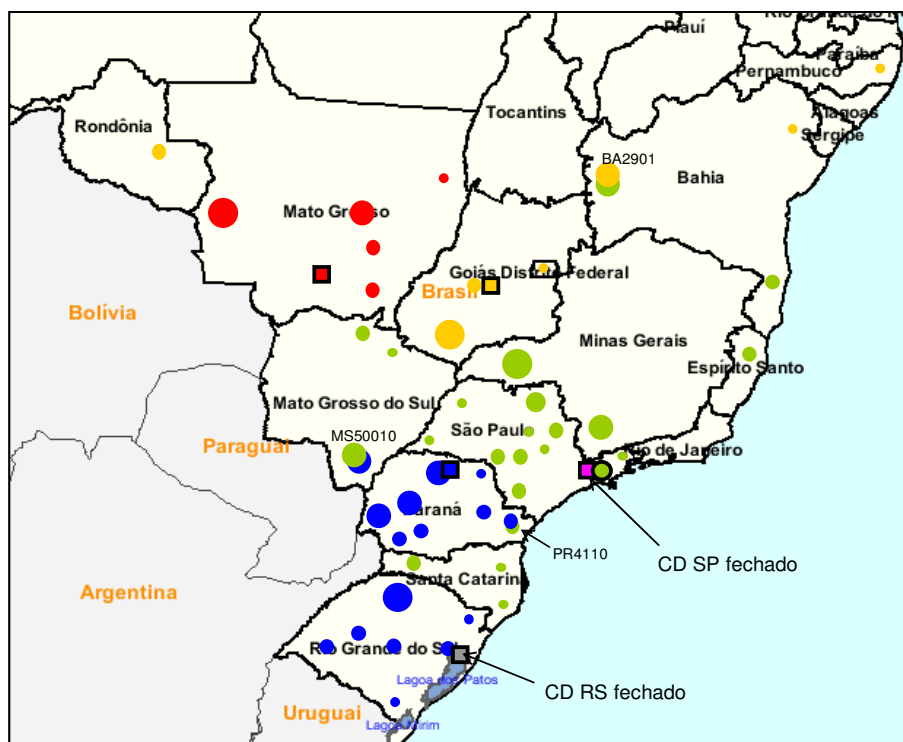


Figura 5.16 - Área de cobertura proposta pela Otimização 2

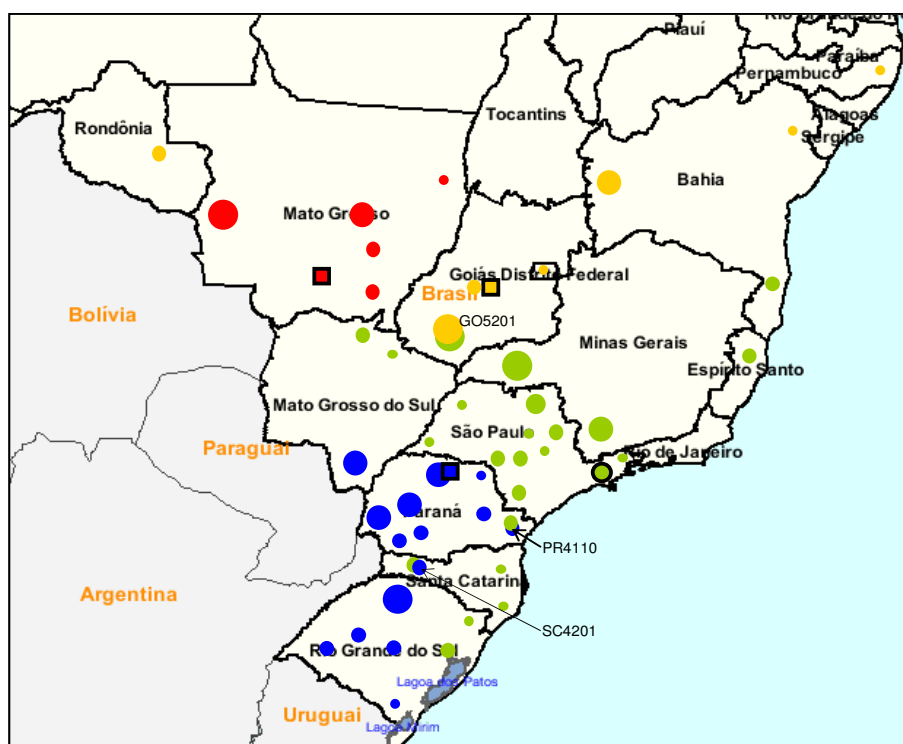


Figura 5.17 - Área de cobertura proposta pela Otimização 3

As regiões antes atendidas por dois CDs (BA2901 e MS50010) passaram apenas a ser atendidas por um único CD. Duas regiões no RS antes atendidas pelo PR passaram a ser atendidas pela fábrica em SP. Por se tratarem das regiões mais próximas do estado de SP, a mudança no nível de serviço não será significativa. A região PR4110 continuará a ser atendida tanto por SP quanto pelo PR. A fábrica passará a atender parte da demanda em SC4201 e parte da demanda em GO5201.

Vejamos agora a comparação dos custos da malha ótima para a demanda em 2 anos com a comparação dos custos caso nenhuma otimização fosse feita, ou seja, caso fossem mantidos a localização e a área de cobertura de cada um dos CDs. Vejamos:

		Otimização 3	Malha atual - 2 anos	Comparação
Custos TOTAIS	Logística	R\$ 11.205.268,88	R\$ 12.479.672,73	-10,21%
	ICMS	R\$ 0,00	R\$ 108.761,45	-100,00%
	Log + ICMS	R\$ 11.205.268,88	R\$ 12.588.434,19	-10,99%
	Créd Morto CDs	R\$ 0,00	(R\$ 6.881.191,50)	-100,00%

Tabela 5.15 - Comparação da malha atual para o aumento da demanda em 2 anos com a Otimização 3

A otimização da malha para o aumento da demanda em 2 anos proporcionará uma redução de 10,99% nos custos totais e uma redução de 100% no “crédito morto” que seria gerado.

5.7. Otimização 4: aumento da demanda em 5 anos

Iremos analisar agora a malha logística para a projeção de demanda daqui a 5 anos. Veja a malha ótima proposta:

CD	Variável	Qtde Transf (gers)	Frete Transf	Armazenagem	Frete Distrib
SP - fábrica	1	4.577.312	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 2.011.299,07
SP - CD	0	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Ribeirão	0	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
RS	0	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
PR	1	6.393.060	R\$ 1.767.280,09	R\$ 496.579,93	R\$ 2.385.611,34
MT	1	2.791.710	R\$ 1.205.323,02	R\$ 562.312,91	R\$ 1.054.922,29
GO	1	3.093.005	R\$ 1.303.480,89	R\$ 303.121,82	R\$ 1.155.230,50
MG	0	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
TOTAL		16.855.088	R\$ 4.276.084,00	R\$ 1.362.014,66	R\$ 6.607.063,20
Custo Logístico TOTAL			R\$ 12.245.161,85		

Tabela 5.16 - Custos Logísticos gerados pela Otimização 4

	Otimização 4
Déb ICMS CDs	R\$ 0,00
Déb ICMS SP	R\$ 0,00
Créd Morto ICMS CDs	R\$ 0,00

Tabela 5.17 - Custos de ICMS gerados pela Otimização 4

A malha ótima para o aumento da demanda em 5 anos mantém mais uma vez o número de CDs, apenas implicando em um aumento na capacidade do CD do Paraná e algumas mudanças na área de cobertura. Iremos comparar agora os custos gerados pela otimização da malha com os custos gerados caso nenhuma otimização fosse feita (mantendo-se a localização e área de cobertura dos CDs atuais).

		Otimização 4	Malha atual - 5 anos	Comparação
Custos TOTAIS	Logística	R\$ 12.245.161,85	R\$ 13.447.414,93	-8,94%
	ICMS	R\$ 0,00	R\$ 117.995,92	-100,00%
	Log + ICMS	R\$ 12.245.161,85	R\$ 13.565.410,85	-9,73%
	Créd Morto CDs	R\$ 0,00	(R\$ 7.310.183,46)	-100,00%

Tabela 5.18 - Comparação da malha atual para o aumento da demanda em 5 anos com a Otimização 4

A otimização da malha para o aumento da demanda em 5 anos proporcionará uma redução de 9,73% nos custos totais e uma redução de 100% no “crédito morto” que seria gerado.

Vejamos como ficaria a área de cobertura dos CDs e a comparação com a malha ótima proposta para o aumento da demanda em 2 anos (otimização 3):

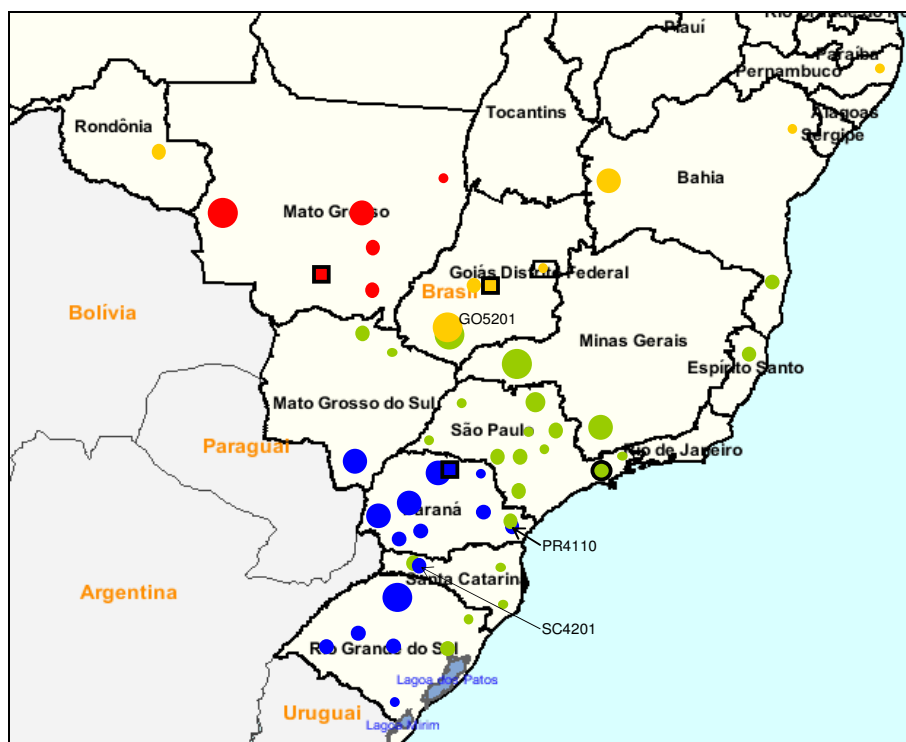


Figura 5.18 - Área de cobertura proposta pela Otimização 3

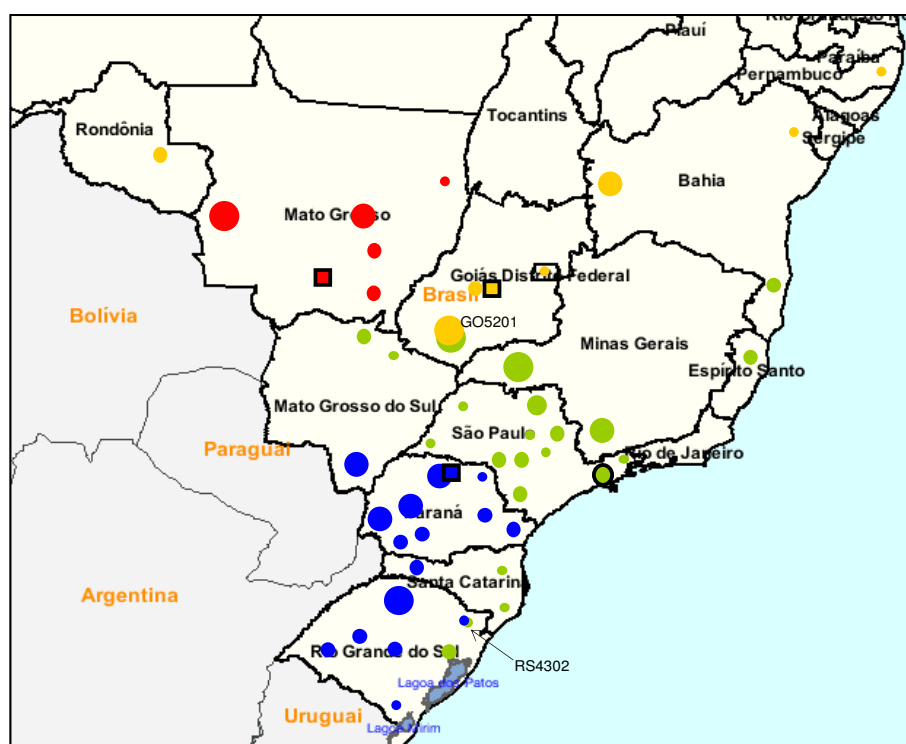


Figura 5.19 - Área de cobertura proposta pela Otimização 4

A região GO5201 continuaria a ser atendida tanto por SP quanto pelo CD de GO. A região RS4302 teria parte de sua demanda atendida pelo CD do PR. A região SC4201 voltaria a ser integralmente atendida pelo PR.

5.8. Nível de Serviço

Antes de avaliar e propor a melhor alternativa de malha logística, é de fundamental importância avaliar o nível de serviço gerado pela malha otimizada. Relembrando o que foi descrito no item 2.7, um mercado pode estar a no máximo 4 dias de viagem de um Centro de Distribuição. Como o escopo principal deste trabalho não é aumentar o nível de serviço mas sim otimizar os custos totais sem prejudicar significativamente o nível de serviço, serão analisadas as áreas que tiveram seu nível de serviço alterado.

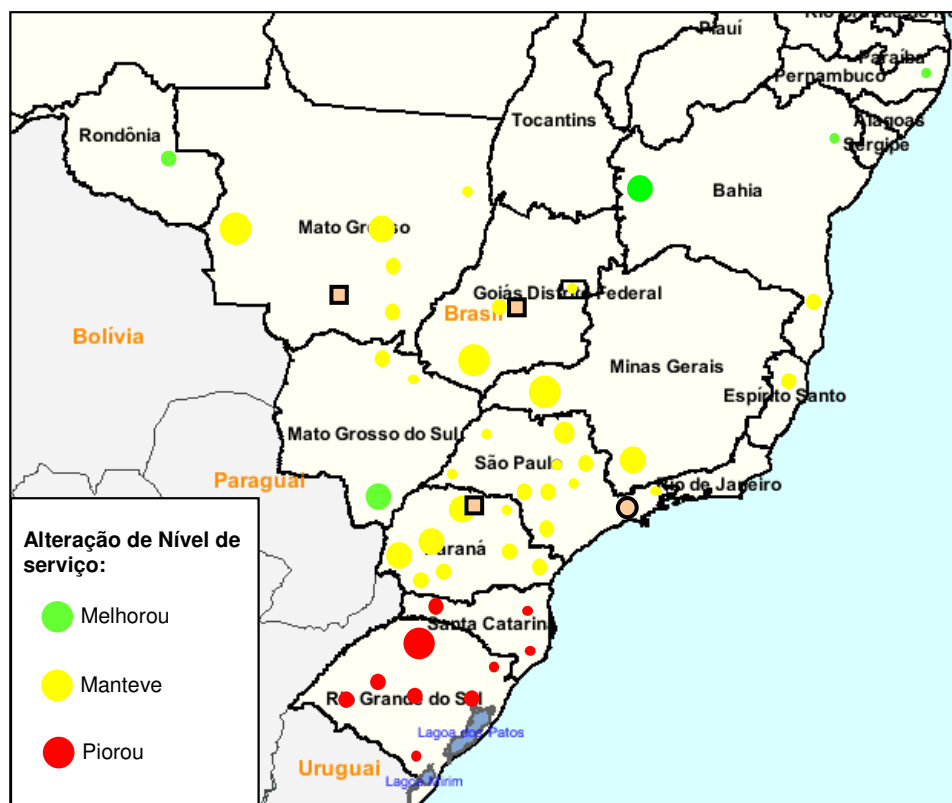


Figura 5.20 - Nível de Serviço

Podemos observar que para a maioria das regiões houve manutenção no nível de serviço ou melhora do mesmo. Para algumas regiões, mesmo com a mudança de CD, o nível de serviço manteve-se, como é o caso de Minas e Santa Catarina. A única região onde o nível de serviço foi piorado trata-se do Rio Grande do Sul, que com o fechamento do CD neste estado, passou a ser atendida pelo CD do Paraná. Para as regiões de demanda localizadas ao norte e centro do estado, houve aumento no tempo de entrega de 1 dia e para as regiões localizadas no extremo sul do estado houve aumento no tempo de entrega de 2 dias. Apesar de ter havido esta piora no nível de serviço, o tempo de entrega não superou os 4 dias estabelecidos como meta na empresa.

5.9. Análise de Sensibilidade

Todas as malhas ótimas propostas para a demanda atual, aumento da demanda em 2 anos e aumento da demanda em 5 anos implicaram em um aumento da capacidade do CD no PR. Como explicado anteriormente, trata-se de uma situação perfeitamente possível de ser realizada uma vez que bastaria apenas mudar o contrato com o fornecedor, solicitando um aumento na área fixa contratada mensalmente.

Para as otimizações, o aumento dos custos gerados pelo aumento da área fixa contratada foi calculado com base no preço da posição pallet. Atualmente a área fixa contratada mensalmente é de aproximadamente 1.200 posições pallet, a um custo de R\$ 14,30 por posição pallet no mês. Sendo para a nova capacidade necessária, bastou-se multiplicar o valor unitário da posição pallet pela capacidade mensal desejada. Trata-se de uma estimativa bastante próxima da realidade uma vez que em todos os contratos esta é a maneira de se calcular o valor fixo a ser pago mensalmente.

Mas imaginemos que por motivos comerciais, o fornecedor dos serviços de armazenagem passe a cobrar um maior valor fixo mensal do que o esperado. Até que ponto valeria a pena pagar pelo aumento da capacidade do CD no PR? Foram realizadas otimizações para as demandas supondo que a capacidade do CD no PR permaneça inalterada. Veja a comparação dos custos totais gerados com os custos totais gerados quando existe o aumento da capacidade. Em todas as situações simuladas as condições de custos de ICMS permaneceram ótimas. Vejamos:

	Hoje	Demanda em 2 anos	Demanda em 5 anos
Custo total aumentando capacidade do CD PR	R\$ 10.559.978,26	R\$ 11.205.268,88	R\$ 12.245.161,85
Custo total sem aumentar a capacidade do CD PR	R\$ 10.890.966,68	R\$ 11.412.592,46	R\$ 12.472.611,43
<i>Diferença anual</i>	<i>R\$ 330.988,42</i>	<i>R\$ 207.323,58</i>	<i>R\$ 227.449,58</i>
Número posições pallets aumentadas	615	730	910
Custo máximo mensal / ppallet	R\$ 44,85	R\$ 23,67	R\$ 20,83
Custo padrão / ppallet	R\$ 14,30	R\$ 14,30	R\$ 14,30
% diferença	213,63%	65,50%	45,66%

Tabela 5.19 - Análise de sensibilidade para o aumento de custos no CD do PR

O aumento da capacidade do CD do PR, mesmo implicando em um aumento do custo fixo anual deste CD, implica em menores custos totais. Quando a restrição em relação à capacidade do CD do PR não é relaxada (ou seja, assume-se que a capacidade continuará a mesma), existe a abertura de outros CDs o que geram aumentos de custos totais (armazenagem e frete) que superam o aumento de custos gerados pela abertura do CD no PR. Analisando a tabela acima podemos chegar à conclusão que mesmo que os incrementos nos custos fixos do CD do PR seja maior do que o esperado, mesmo assim continua valendo a pena arcar com estes custos para o aumento da capacidade do mesmo. Mesmo na situação com menor margem de manobra (aumento da demanda em 5 anos) o fornecedor poderia aumentar os custos fixos em cerca de 45% que mesmo assim continuaria sendo vantajoso o aumento da capacidade do mesmo.

5.10. Resumo das otimizações

Otimização	Descrição	Centros de Distribuição								Custo Logístico	Débito Final de ICMS	Custo TOTAL	Créd Morto de ICMS nos CDS
		Fábrica	SP	Rib. Preto	PR	RS	GO	MT	MG				
0	malha logística atual									R\$ 11.834.511,27	R\$ 102.605,14	R\$ 11.937.116,41	(R\$ 6.595.196,85)
1	otimizando somente custos logísticos para a demanda atual									R\$ 10.095.247,53	R\$ 8.448.711,41	R\$ 18.543.958,94	R\$ 0,00
2	malha otimizada para a demanda atual									R\$ 10.559.978,26	R\$ 0,00	R\$ 10.559.978,26	R\$ 0,00
3	malha otimizada para a demanda em 2 anos									R\$ 11.205.268,88	R\$ 0,00	R\$ 11.205.268,88	R\$ 0,00
4	malha otimizada para a demanda em 5 anos									R\$ 12.245.161,85	R\$ 0,00	R\$ 12.245.161,85	R\$ 0,00

	CD em operação
	CD aberto e com a capacidade aumentada

Tabela 5.20 - Resumo das Otimizações realizadas

Com base em todas as soluções obtidas pode-se fazer os seguinte comentários a respeito de cada CD:

Ribeirão Preto: trata-se de um CD inviável, pois em nenhuma das otimizações/simulações realizadas o modelo propôs a abertura do mesmo.

CD São Paulo x Dep Fábrica: atualmente, do depósito da fábrica saem todas as transferências os CDs. Isto acontece devido ao fato de existir o CD próximo à fábrica. Como este CD existe a bastante tempo, “acostumou-se” a realizar as vendas partindo de São Paulo a saírem somente deste CD. Como a operação de venda é mais trabalhosa que a de transferência, os analistas de logística da empresa acabam deixando esta operação ao cargo do CD. A solução proposta demonstra que em termos de capacidade o depósito da fábrica possui totais condições de passar a atender as vendas antes realizadas pelo CD. Em termos operacionais (picking, separação de pedidos, emissão de notas fiscais, área de carregamento, e etc) o depósito também possui condições de realizar vendas. Sendo assim, o fechamento o CD de São Paulo e o fato do depósito da fábrica passar a realizar vendas, trata-se de uma solução perfeitamente viável.

MT e GO: são CDs que permanecem abertos em qualquer uma das configurações propostas.

RS: apesar do CD estar localizado na região de maior demanda do país, a existência do mesmo é inviável por gerar um montante considerável de crédito morto de ICMS. O fechamento deste CD, piora o nível de serviço na região mas o mesmo não ultrapassa a meta da companhia (tempo de viagem de no máximo 4 dias).

PR: este CD mostrou-se como um dos mais importantes, passando a atender regiões como o MS, SC e RS. Com estes atendimentos para outros estados, o enorme crédito morto gerado anteriormente, foi eliminado. No entanto, para viabilizar a malha ótima, este CD teria que ter sua capacidade aumentada. Como trata-se de um CD localizado em um espaço alugado, este aumento de capacidade seria viabilizado através de uma mudança no contrato com o fornecedor, passando-se a pagar mais por uma capacidade de armazenagem maior mensal. O modelo nos mostrou que mesmo com o aumento nos custos fixos deste, a malha proposta inicialmente continua ser ótima.

6. CONCLUSÃO

6.1. Recomendação Final

A primeira conclusão a que chegamos é que a malha logística atual é extremamente inadequada em termos de geração de créditos/débitos de ICMS. Por nunca ter sido realizado um estudo integral da malha, foram abertos CDs que são ou geradores de débitos ou geradores de crédito morto de ICMS.

Em termos de custos logísticos a malha apresenta algum potencial de melhoria nos custos totais, em alguns casos promovendo até melhoras no nível de serviço.

A solução encontrada trata-se de uma solução bastante robusta uma vez que a malha ótima ser implantada hoje, permanecerá ótima mesmo com o aumento da demanda nos próximos anos, bastando apenas aumentar a capacidade do CD do PR e realizar algumas mudanças nas áreas de cobertura. A análise de sensibilidade mostrou que mesmo que o aumento de custos fixos no CD do Paraná seja maior do que o esperado, a opção de se aumentar a capacidade deste CD continua a ser viável.

Nas otimizações para aumento da demanda, pôde-se comparar o que ocorreria caso nenhuma mudança fosse implantada. A comparação nos mostrou que a otimização, sempre promoveu uma diminuição significativa nos custos totais, impedindo também a geração de um montante significativo de crédito morto de ICMS.

Sendo assim a proposta seria implantar a malha ótima proposta pela otimização, mantendo-a pelos próximos 5 anos. As únicas mudanças necessárias seriam o aumento da capacidade do CD no PR e a mudança em algumas áreas de cobertura.

6.2. Implantação da malha ótima

Visto a robustez da solução encontrada, a empresa tem grande interesse na implantação da mesma. Esta implantação dependerá de algumas ações, tais como:

- encerramento do contrato com o CD de São Paulo;
- encerramento do contrato com o CD do Rio Grande do Sul;
- revisão do contrato com o CD do Paraná, visando o aumento da capacidade fixa contratada mensalmente.

Tratam de operações meramente comerciais, que dependem apenas de negociação entre o departamento de compra da companhia e os fornecedores. Uma vez que os contratos são anuais, o encerramento de utilização das atividades do armazém, não traria nenhum ônus para empresa contanto que seja respeitada a data de vencimento do contrato.

Outro aspecto necessário, seria a negociação, junto ao departamento de vendas da companhia a fim de “vender” a idéia da malha otimizada. O principal empecilho seria o fato do fechamento do CD no RS, que a princípio pode ser uma idéia rejeitada pela área comercial da companhia. Para isso, poderiam ser expostos para a área todos os benefícios que a nova malha traria. Um forte argumento é que apesar de haver uma piora no nível de serviço, o mesmo não ultrapassaria a meta que foi determinada pelo próprio departamento comercial (4 dias de viagem).

O fato de algumas regiões serem atendidas por dois CDs não seria problema, uma vez que isso já acontece atualmente. Isso poderia ser viabilizado através da divisão por clientes ou cidades, ou seja, cada cliente ou cidade daquela região teria sua demanda atendida por um certo CD. Trata-se de uma situação relativamente fácil de ser operacionalizada, implicando apenas em um treinamento dos representantes de vendas daquela região.

6.3. Auditoria na malha ótima

Uma vez implantada a malha ótima, seria de grande valia analisar os custos gerados pela mesma e verificar se os mesmos condizem com a modelagem realizada.

Obviamente como na modelagem estamos trabalhando com custos médios, sempre haverá uma pequena diferença entre os custos gerados pela modelagem e os custos reais. No entanto será interessante analisar em que grau os custos gerados pela modelagem se aproximam dos custos reais.

Como a empresa possui um ERP através do qual são realizadas todas as operações de vendas e transferência, tanto na fábrica quanto em cada um dos CDs, a maioria das informações necessárias poderiam ser obtidas através da geração de relatórios com o resumo das operações realizadas.

Vejamos quais seriam as principais informações necessárias e de que forma as mesmas poderiam ser obtidas na empresa, seja através do ERP ou outras fontes:

Capacidade e Localização dos CDs	O departamento de compras da companhia disponibiliza cópia de todos os contratos vigentes com o fornecedores de espaço e serviços de armazenagem. Através destes contratos pode-se verificar a localização de cada CD bem como a capacidade mensal contratada.
Custos Armazenagem	Através do código do fornecedor de armazenagem é possível verificar no sistema ERP os valores pagos mensalmente. Caso deseje-se saber separadamente os custos fixos e custos variáveis, bastaria consultar as cópias das faturas de armazenagem pagas onde se encontra detalhado os custos fixos e os custos variáveis.
Transferências	O sistema ERP permite a geração de relatórios onde se pode verificar, para o período desejado, todas as transferências realizadas. Este relatório fornece as seguintes informações: quantidade de material transferida, CD para qual o material foi transferido, valor do frete pago líquido, valor do material na nota fiscal de transferência e valor do ICMS.
Distribuições	O sistema ERP permite a geração de relatórios onde se pode verificar, para o período desejado, todas as vendas realizadas. Este relatório fornece as seguintes informações: quantidade de material vendida, cidade onde se localiza o cliente, CD de onde o material saiu, valor do frete pago líquido, valor do material na nota fiscal de venda e valor do ICMS.

Tabela 6.1 - Auditoria da malha ótima

Os relatórios gerados para transferências e distribuições permitem não somente saber os custos gerados nestas operações, mas também permitem visualizar todos os volumes que foram efetivamente transportados e armazenados.

6.4. Proposta para estudos futuros

A exploração dos resultados obtidos, abre espaço para novos estudos a serem realizados na empresa. Entre eles podemos destacar:

- ✓ visto que o CD localizado no Paraná se mostrou uma localidade bastante estratégica, uma vez que ficaria responsável pelo atendimento em toda a região Sul do país, promovendo um balanço ótimo na geração de créditos/débitos de ICMS, seria interessante realizar um estudo de micro-localização dentro do estado ou mesmo dentro da mesorregião onde o CD atual se localiza. Este estudo permitiria identificar a localização ótima para este CD, que poderia gerar ainda menores custos logísticos;
- ✓ dada a grande relevância dos custos de ICMS para o projeto de malhas logísticas, poderiam ser realizados outros estudos considerando demais impostos (IPI, PIS/COFINS) a fim de se verificar a pertinência do mesmo no projeto de malhas logísticas;
- ✓ ainda sobre o ICMS poderia ser feita uma análise considerando também o custo de ICMS sobre o frete, onde poderiam ser identificadas oportunidades de melhoria, através da utilização de transportadoras localizadas em diversos estados;
- ✓ apesar dos benefícios fiscais, isenções e reduções na base de cálculo para o ICMS serem de natureza transitória, acredita-se que os mesmos ainda perdurarão por muitos anos pois o que vem acontecendo sistematicamente ao longo destes anos. No entanto, uma oportunidade de estudo seria verificar o impacto na malha logística no caso de tais benefícios, isenções e regras especiais serem eliminados. Ou seja, estudar a malha ótima em termos de custos logísticos e de ICMS, assumindo as alíquotas base de ICMS, sem consideração das isenções e benefícios.

6.5. Conclusão Final

Os objetivos propostos inicialmente foram atingidos integralmente, uma vez que houve a otimização da malha logística em todo o país através da minimização dos custos logísticos, custos de ICMS e eliminação do crédito morto de ICMS gerado em cada um dos CDs localizados fora do estado de SP.

Nas diversas análises realizadas pode-se perceber a importância da consideração do ICMS na otimização da malha logística em todo o país. Ressalta-se assim a gigantesca importância de se associar planejamento tributário (em especial o ICMS) ao planejamento logístico.

A ferramenta construída através da modelagem matemática e implementada através do *SOLVER*, mostra-se uma ferramenta bastante útil e flexível que poderá ser utilizada pela empresa em questão para fazer qualquer outra análise necessária, bastando alterar os parâmetros desejados (demanda, custos de frete, alíquota de ICMS e etc).

A solução ótima obtida mostra-se bastante robusta, sendo recomendada fortemente a sua implantação. Após a implantação, as ações propostas pela auditoria permitirão verificar os custos reais gerados e compará-los com os custos previstos na modelagem.

BIBLIOGRAFIA

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2001. 4ª. edição.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA (CONFAZ). **Convênio ICMS 100/97**. Brasília: Ministério da Fazenda, 2004. Disponível em: www.fazenda.gov/confaz. Acesso em: agosto de 2004.

FLEURY, P.F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. **Logística Empresarial: a perspectiva brasileira**. São Paulo: Atlas, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Brasília, 2000. **Regiões Geográficas**. Disponível em: www.ibge.com.br. Acesso em: agosto de 2004.

RIBEIRO, N.V. **Contribuição ao aperfeiçoamento de sistemas logísticos de distribuição no contexto tributário brasileiro: estudo de caso em indústrias de bem de consumo**. 1999. 172p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. São Paulo.

YOSHIZAKI, H.T.Y. **Projeto de Redes de Distribuição Física considerando a Influência do ICMS**. 2002. 144p. Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

ANEXO B: tabela fretes

Frete Distribuição (R\$/ger)

	Fábrica	SP	Ribeirão	RS	PR	MT	GO	MG
BA2901	0,9696	0,9696	0,9502	1,3314	1,1095	0,7700	0,6815	0,7213
BA2904	1,0180	1,0180	0,9977	1,3979	1,1650	0,8086	0,7155	0,7514
BA2907	0,9517	0,9517	0,9326	1,1758	0,9798	0,8798	0,7786	0,7017
ES3202	0,5027	0,5027	0,5530	0,8916	0,8166	0,8920	0,5914	0,4928
GO5203	0,6215	0,6215	0,5904	1,0597	1,0389	0,3378	0,1748	0,4327
GO5204	0,6754	0,6754	0,6416	1,1630	1,1402	0,6142	0,2127	0,4947
GO5205	0,5669	0,5669	0,5386	0,6265	0,6142	0,4131	0,2322	0,3655
MG3105	0,5125	0,5125	0,4613	0,6869	0,5839	0,6614	0,4518	0,1439
MG3110	0,2731	0,2731	0,3141	0,6317	0,5369	0,7124	0,5116	0,3128
MS50003	0,5864	0,5864	0,5571	0,7172	0,5571	0,6428	0,4257	0,3902
MS50005	0,5273	0,5273	0,5009	0,6758	0,5009	0,4660	0,4124	0,3174
MS50010	0,5410	0,5410	0,5139	0,5317	0,3645	0,5186	0,4589	0,4018
MT51004	1,0216	1,0216	0,9705	1,2484	1,1377	0,3947	0,5587	0,7223
MT51006	0,9705	0,9705	0,9220	1,1860	1,0808	0,3750	0,5308	0,6861
MT51019	0,9511	0,9511	0,9036	1,1623	1,0592	0,3675	0,5201	0,6724
MT5102	0,9996	0,9996	0,9497	1,2216	1,1132	0,3862	0,5467	0,7067
MT51021	0,8560	0,8560	0,8132	1,0460	0,9533	0,3307	0,4681	0,6052
PE2605	1,7466	1,7466	1,6068	2,1677	2,0456	1,1008	0,7176	0,9742
PR4102	0,4288	0,4288	0,4374	0,3523	0,2661	0,7795	0,6898	0,4931
PR4103	0,3977	0,3977	0,4057	0,3559	0,2524	0,7220	0,6389	0,4574
PR4104	0,3897	0,3897	0,3975	0,3487	0,2381	0,7075	0,6261	0,4482
PR4105	0,4257	0,4257	0,4342	0,3351	0,2447	0,8322	0,7452	0,4896
PR4106	0,5077	0,5077	0,5179	0,3506	0,2910	0,7917	0,7146	0,5839
PR4107	0,5167	0,5167	0,5270	0,2949	0,3182	0,7559	0,6689	0,5942
PR4108	0,4562	0,4562	0,4653	0,3824	0,3273	0,8145	0,7219	0,5246
PR4110	0,4376	0,4376	0,4464	0,3315	0,3373	0,7997	0,7077	0,5032
RO1102	1,7257	1,7257	1,5877	1,9674	1,6395	0,7436	0,8403	0,6824
RS4301	0,6077	0,6077	0,6199	0,2571	0,4685	0,8251	0,8089	0,6685
RS4302	0,6142	0,6142	0,6265	0,1530	0,4668	0,8349	0,8185	0,6756
RS4303	0,6125	0,6125	0,6248	0,2693	0,4708	0,8277	0,7987	0,6738
RS4304	0,6159	0,6159	0,6282	0,2346	0,4788	0,8264	0,8182	0,6775
RS4305	0,5899	0,5899	0,6017	0,1287	0,4788	0,8389	0,8359	0,6489
RS4306	0,5054	0,5054	0,5155	0,3122	0,4779	0,8579	0,8049	0,5559
RS4307	0,5897	0,5897	0,6015	0,2517	0,4919	0,8617	0,8377	0,6487
SC4201	0,5228	0,5228	0,5333	0,2868	0,3183	0,8042	0,7079	0,6012
SC4204	0,4962	0,4962	0,5061	0,2309	0,3567	0,8166	0,7221	0,5706
SC4206	0,5381	0,5381	0,5489	0,2008	0,4042	0,8249	0,7787	0,6188
SP3501	0,3750	0,3750	0,2142	0,6344	0,4947	0,6494	0,5958	0,2459
SP3502	0,3132	0,3132	0,1819	0,6143	0,5142	0,6798	0,6237	0,2798
SP3504	0,3227	0,3227	0,2798	0,6702	0,4089	0,6615	0,6069	0,4076
SP3505	0,2975	0,2975	0,2347	0,6024	0,4238	0,6795	0,6234	0,3758
SP3506	0,2890	0,2890	0,2442	0,5881	0,4114	0,7158	0,6567	0,3650

Continuação...

	Fábrica	SP	Ribeirão	RS	PR	MT	GO	MG
SP3507	0,2909	0,2909	0,2377	0,6047	0,4258	0,6918	0,6347	0,3674
SP3508	0,4112	0,4112	0,3182	0,6036	0,3140	0,7562	0,6937	0,5194
SP3510	0,3247	0,3247	0,2999	0,6098	0,3604	0,7716	0,7079	0,3776
SP3511	0,2869	0,2869	0,3287	0,6230	0,3678	0,7986	0,7327	0,3624
SP3513	0,2310	0,2310	0,3187	0,6864	0,4230	0,9184	0,8426	0,3171

CD	Frete Transferência (R\$ / ger)
Fabrica	0,0000
SP	0,0706
Ribeirão	0,2271
RS	0,4068
PR	0,2764
MT	0,4318
GO	0,4214
MG	0,3451

		DESTINO																										
		AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
ORIGEM	AC	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	AL	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	AM	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	AP	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	BA	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	CE	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	DF	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	ES	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	GO	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	MA	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	MG	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	0,0%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%
	MS	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	MT	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	PA	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	PB	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	PE	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	PI	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
	PR	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	0,0%	4,8%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	2,8%	2,8%	2,8%
	RJ	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	0,0%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	2,8%	2,8%	2,8%
	RN	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%
RO	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	
RR	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	
RS	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	4,8%	2,8%	2,8%	0,0%	4,8%	2,8%	2,8%	2,8%	
SC	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	4,8%	2,8%	2,8%	2,8%	0,0%	2,8%	2,8%	2,8%	
SE	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	4,8%	4,8%	4,8%	
SP	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	4,8%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	2,8%	2,8%	2,8%	
TO	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	4,8%	0,0%	

ANEXOD: telas do modelo matemático em planilha eletrônica