

## Logística como *Driver* para a Formação da Cadeia de Negócios na Indústria Láctea

**Autoria:** Ricardo Silveira Martins, Osmar Vieira de Souza Filho, Débora Silva Lobo

**Resumo** - Este estudo objetivou encontrar viabilidade técnico-econômica para a formação da cadeia de processamento do soro de queijo, recuperando seu valor enquanto matéria-prima para produtos nobres. Foram levados em conta aspectos diversos, tais como de dispersão geográfica da matéria-prima que é extremamente perecível, de localização, de logística e viabilidade financeira. A contribuição acadêmica e gerencial deste estudo foi a conjugação de aspectos teóricos de logística empresarial e de localização, com ferramentas de otimização e de finanças para a determinação da localização ótima, desta forma, utilizando a logística como principal parâmetro na orientação de posicionamento de organizações e respectivos investimentos para a formação de uma cadeia de negócios. O problema da localização de unidade de beneficiamento do soro de leite e a identificação dos respectivos fornecedores envolveram a minimização dos custos de transporte de soro, com vistas a otimizar o sistema, ou seja, o local para instalação da indústria que minimiza os custos de obtenção do soro resfriado e/ou pré-concentrado para o processamento, aliado às condições financeiras de comercialização do produto. Com base nas informações das 92 laticínios localizados em 52 Municípios de Minas Gerais, o problema aqui tratado representou a sugestão do local para instalação da indústria que minimiza os custos de obtenção do soro resfriado e/ou pré-concentrado para o processamento, bem como os valores que viabilizam o empreendimento. A partir dos indicadores de logística, foram agregados critérios outros de caráter financeiro para a análise do empreendimento. Foi identificado que o modelo mais adequado deveria contemplar a localização das unidades de pré-concentração nos Municípios Antônio Carlos, Entre Rios de Minas, Juiz de Fora e Guiricema, enquanto as unidades de secagem foram orientadas para posicionarem-se em Antônio Carlos e Guiricema. Porém, o que se constatou foi que os atuais valores de venda de soro pré-concentrado praticados no mercado (R\$0,045) não viabilizam os investimentos em pré-concentração. Tal situação coloca um desafio às empresas e aos entes governamentais. É preciso que haja governança da cadeia, inicialmente, parecendo ser necessário a integração vertical, para minimizar custos e riscos de regularidade e quantidade da matéria-prima. Neste sentido, políticas públicas que estimulem a propensão dos laticínios a resfriar e repassar o soro para processamento e que favoreçam a redução de custos operacionais e de capital podem ter um caráter estratégico para o sucesso do desenvolvimento e da consolidação da cadeia do soro seco nas regiões da Zona da Mata e Campo das Vertentes de Minas Gerais. Por outro lado, também são relevantes políticas públicas no âmbito da Ciência & Tecnologia & Inovação que estimulem a inovação de processos que viabilizem produtos novos, valendo-se da qualidade nutritiva do soro enquanto matéria-prima, bem como de fabricação de equipamentos inovadores e mais baratos para os processos estabelecidos.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os agronegócios da economia mineira, o leite possui posição de destaque, produzindo números importantes, tanto no aspecto produção de derivados, quanto na socioeconomia resultante. Minas Gerais é o estado líder na produção primária, detendo cerca de 30% da produção nacional. Dentre as 12 mesorregiões, o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba destaca-se como maior produtora, com cerca de 1,8 bilhões de litros/ano, seguida pelo Sul/Sudoeste de Minas com 1,3 bilhões de litros e pela Zona da Mata de Minas Gerais, com 762 milhões de litros.

Em termos de processamento de produtos lácteos, Minas Gerais se destaca novamente como a unidade da Federação com maior concentração em número de laticínios e quantidade processada, sendo que 31,7% de toda a indústria de laticínios brasileira encontram-se instaladas no estado (INDI, 2003).

Como resíduo da produção de queijo, o soro é uma importante reserva de alimentos proteicos. Segundo Silva (2000), cada 100 g de soro de leite contém, em média: Calorias 29,69 g; Glicídios 5,76 g; Proteínas 0,84 g; Lipídios 0,36g; Cálcio 105 mg; Fósforo 97 mg; Ferro 0,10 mg. Dadas propriedades nutricionais e funcionais e de seus componentes, tem sido evidenciada a possibilidade do aproveitamento industrial do soro de queijo, que já é processado nos Estados Unidos, Europa e Pacífico Sul.

Embora o uso potencial do soro para fins nutritivos já seja conhecido há décadas, por muito tempo foi considerado pelos produtores de queijo como um subproduto da fabricação, com baixo ou nenhum valor comercial. Esta transformação ocorreu com a descoberta de propriedades funcionais e bioativas de seus componentes (BIASUTTI *et al.*, 2008), principalmente das proteínas, que têm sido apontadas como nutrientes portadores de atividade funcional, capazes de modular algumas respostas fisiológicas do organismo animal (PACHECO *et al.*, 2006; SGARBIERI, 2004; GAUTHIER & POULIOT, 2003).

Hoje, o desenvolvimento de mercados utilizando o soro de leite em pó e frações de soro como ingredientes nos gêneros alimentícios para o consumo humano e animal, transformou o então subproduto em um produto valioso para a indústria de laticínios e queijos. As aplicações do soro são inúmeras, englobando as indústrias de lácteos, carnes, misturas secas (para condimentar), panificação, chocolate, aperitivos e bebidas, farmacêutica, entre outras.

Apesar das várias possibilidades de utilização, aproximadamente metade da produção mundial de soro é descartada em efluentes, sem qualquer tratamento. Desta forma, o soro de queijo, devido a sua alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), entre 30.000 a 60.000 mg de O<sub>2</sub>/L, associada, principalmente, à presença de lactose e proteínas, constitui-se num forte agente de poluição ambiental (SISO, 1996). Em média, cada tonelada de soro não tratado despejado por dia no sistema de tratamento de esgoto equivale à poluição diária de cerca de 470 pessoas.

Para contrapor-se a esta indesejada e inadequada disposição deste resíduo, é necessário encontrar viabilidade técnico-econômica referente ao processamento do soro, recuperando seu valor enquanto matéria-prima para produtos nobres, levando-se em conta aspectos diversos, como o de localização e logística, específicos para empreendimentos que considerem pequena e média escala de produção e significativa dispersão geográfica da matéria-prima, condicionados pelo caráter de extrema perecibilidade do soro.

Este trabalho teve por objetivo estudar a viabilização da cadeia de produção do soro beneficiado, tendo como parâmetro de orientação critérios logísticos, o que implica coletar soro líquido nos laticínios produtores de queijo e beneficiá-lo até obter o produto em pó.

O estudo está baseado na Teoria da Localização, utilizando como ferramenta modelos matemáticos de otimização. De acordo com Ballou (2001, p.21) “a missão da logística é dispor a

mercadoria ou o serviço certo, no lugar certo, no tempo certo e nas condições desejadas, ao mesmo tempo que fornece a maior contribuição à empresa.” É neste sentido que a teoria da localização traz uma grande contribuição à fase de planejamento de qualquer empresa, que a partir de modelos matemáticos de otimização, pode decidir com mais segurança sobre variáveis que não são o fim, mas o meio necessário para se alcançar o objetivo final do negócio.

A contribuição acadêmica e gerencial deste estudo foi a conjugação de aspectos teóricos de logística empresarial e de localização, com ferramentas de otimização e de finanças para a determinação da localização ótima, desta forma, utilizando a logística como principal parâmetro na orientação de posicionamento de organizações e respectivos investimentos para a formação de uma cadeia de negócios.

## 2. TEORIA DA LOCALIZAÇÃO

As questões sobre *o que, como e quanto* produzir são intrigantes e sempre estiveram na literatura econômica como a tríade de problemas econômicos básicos. Além desses, o problema de *onde* produzir representou uma preocupação que remonta aos economistas clássicos, nas primeiras décadas do século XIX, através de Von Thünen (HOLANDA, 1983).

A Teoria da Localização foi formalmente introduzida por Alfred Weber, que tratou o problema de localizar um armazém, minimizando a distância total percorrida entre as instalações e os clientes. Isard amplificou este estudo, dando uma conotação de localização industrial, uso de solo e outros problemas econômicos correlacionados (BRANDEAU & CHIU, 1989).

Desde então, significativos avanços ocorreram, tanto na formulação de problemas quanto na eficácia das soluções obtidas. Estudos de localização de instalações têm como objetivo determinar os locais minimizadores de custos logísticos onde serão fabricados os produtos, realizadas as operações ou prestados os serviços, considerando a localização dos fornecedores, dos mercados e a viabilidade técnica e operacional.

O problema aqui tratado, da localização de unidade de beneficiamento do soro de leite e identificação dos respectivos fornecedores, envolve a otimização dos custos de transporte de soro, com vistas a otimizar o sistema, ou seja, o local para instalação da indústria que minimiza os custos de obtenção do soro resfriado e/ou pré-concentrado para o processamento.

Para efeito deste estudo, importa estimar os fluxos que serão gerados entre pares origem-destino, considerando-se o potencial de produção de disponibilidade de soro, o nível de exigência operacional requerido aos sistemas de transporte, e uma impedância que espelhe a dispersão geográfica e econômica regional. Conforme destaca Novaes (1986), a função impedância pode ser interpretada por parâmetros, tais como tempo de viagem, custo de transporte, distância física ou distância real.

Este é um problema tratado como Teoria do Lugar Central. No caso em apreço, a Teoria tem como objetivo principal explicar a localização relativa e dimensão de unidades. Segundo Almeida (1981), a Teoria do Lugar Central está baseada em dois conceitos básicos, a extensão e o limiar. Por extensão, pode-se entender como a *distância* a ser percorrida, que, no contexto deste estudo, pretende-se minimizar. O limiar pode ser entendido como um *volume mínimo* necessário para viabilizar técnica, econômica e operacionalmente uma unidade de beneficiamento de soro de queijo (de pré-concentração e/ou secagem). Desta forma, lugar central quer dizer um ponto capaz de produzir um agrupamento econômico de Municípios, conforme a disponibilidade de soro de leite.

Esta análise tem suporte teórico-ferramental em modelos de interação espacial. Os problemas de interação espacial são, normalmente, apresentados na forma de programação matemática, por

modelos lineares e não-lineares. Os modelos do primeiro tipo implicam relações lineares entre funções e argumentos, sendo usados para problemas econômicos e regionais que tenham como objetivo, por exemplo, tratar de minimização de custos de transporte (CAIXETA-FILHO, 1996).

Tendo como ponto de partida as alternativas de localização, o processo produtivo pode ser desdobrado em pelo menos quatro operações: 1) aquisição de matéria-prima; 2) transporte da matéria-prima para a indústria; 3) processamento industrial; e 4) transporte dos produtos acabados para o mercado. Em termos espaciais, essas operações podem ser realizadas em três pontos geográficos distintos, com referências divergentes sobre a decisão final: 1) fontes de matérias primas; 2) local de processamento; e 3) áreas de mercado (HOLANDA, 1983).

São identificados, assim, dois tipos principais de custos, respectivamente aos fluxos: os custos de transferências (matérias-primas e produto) e custos de aquisição de matérias-primas e insumos. Os custos de transferência serão os mais sensíveis às alterações das hipóteses de alternativas de localização.

Segundo o BNB (1971), pode-se entender o custo de transporte como a expressão de uma função do peso a ser transportado e da distância. Segundo a análise weberiana da localização industrial, supõem-se, inicialmente, que apenas o peso e a distância (custos de transporte) influenciam a localização de uma indústria.

UNIDO (1987) ressalta que o mais crítico para a seleção da localização é a disponibilidade de matéria-prima e de insumos, a proximidade de centros de consumo e a existência de facilidade de infra-estrutura básica. O modelo mais simples de localização é calcular os custos de transporte, de produção e de distribuição para alternativas de localização determinadas principalmente pela disponibilidade de matéria-prima e mercados principais.

Segundo Clemente e Cosenza (1998), o desenvolvimento e a aplicação de modelos empíricos de localização das atividades econômicas no Brasil teve início em 1975 na COPPE/UFRJ juntamente com a *Società per la Matematica e l'Economia Aplicata* (Itália).

Estudos de localização envolvendo atividades agrícolas e agroindustriais podem ser empreendidos através do instrumental de pesquisa operacional. Dessa maneira, Almeida (1981) estudou a viabilidade econômica de implantação e localização de unidades produtoras de farinha de milho integral desengordurada, utilizando a programação linear inteira-mista, procurando minimizar os custos de transporte de milho e farinha.

Cruz (1990) determinou a localização e tamanho que tornavam mais eficientes economicamente as unidades armazenadoras do Estado de Minas Gerais, através da minimização dos custos de transportes e instalação de novas unidades armazenadoras a granel.

Canziani (1981) estudou a localização de fábricas de suco de laranja concentrado no norte e noroeste de Estado do Paraná, visando a minimização dos custos de transporte na coleta e reunião da produção, de processamento e distribuição do produto final, utilizando-se da programação linear inteira-mista.

Ramos e Caixeta Filho (2002) desenvolveram um modelo de localização de *packing houses* para regiões do estado de São Paulo, com o objetivo de minimizar os custos de implantação, processamento e transporte da laranja.

Oliveira e Santos (2004) aplicaram modelo de localização com base matemática para determinar a localização ótima de novas agroindústrias no estado do Mato Grosso. As variáveis consideradas foram os custos de transporte de grãos (soja) até a agroindústria, a produção de grãos (quantidade) e o custo de instalação e ampliação de novas agroindústrias.

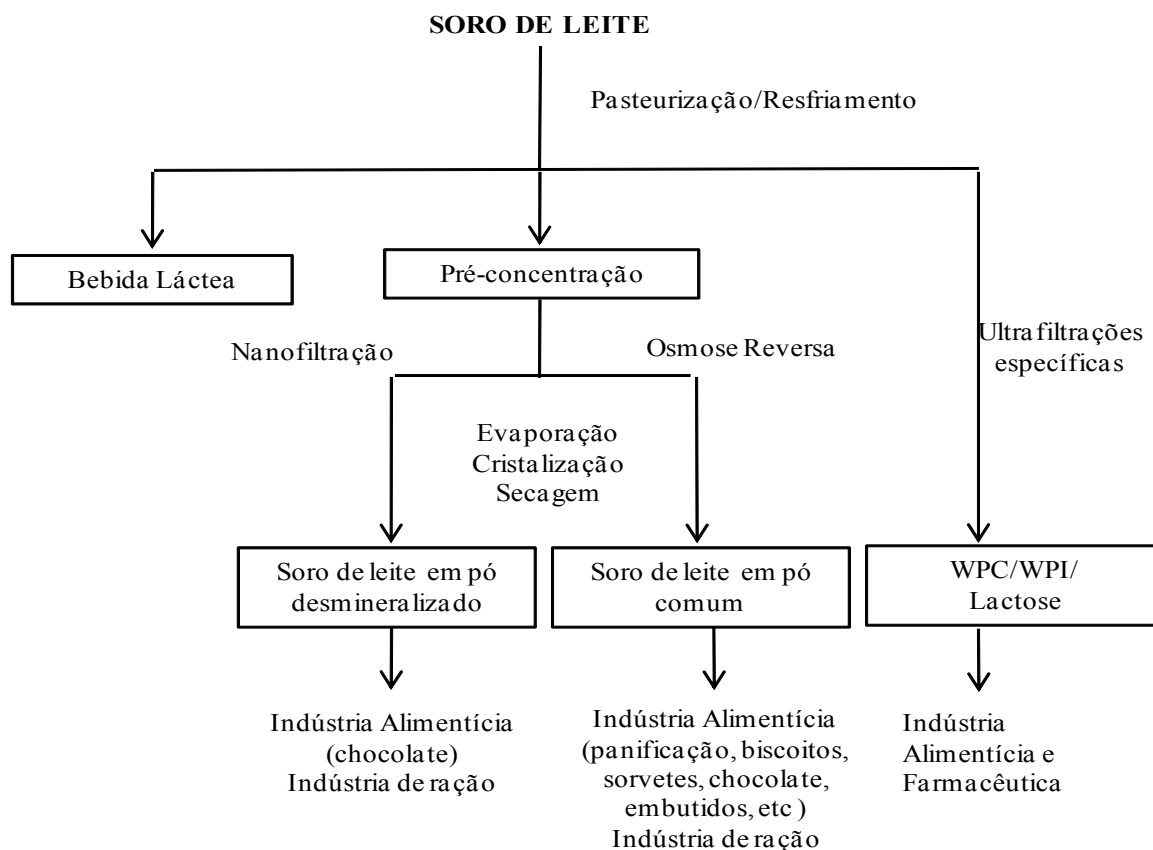
Sartori *et al.* (2009) avaliaram locais para instalação de unidades de produção de óleo vegetal de mamona no estado da Bahia, considerando unidades de processamento de pequena escala, com capacidades de processamento de 7,5 e 22,5 toneladas/dia de mamona, a produção dos municípios, as distâncias entre as áreas de produção agrícola e os Municípios candidatos ao esmagamento, e destas até a usina de produção de biodiesel da Petrobrás.

Segundo Lopes (1997), a teoria da localização, em termos de programação, pode ser entendida como a uma variação do modelo de transporte, mais especificamente, modelos que visem a minimização dos custos totais de transporte. O modelo opera a partir da conexão entre os pólos por vias de transporte, com respectivos custos associados.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA

#### 3.1. Processos e produtos a partir do soro de leite da fabricação de queijo

A Figura 1 ilustra as possibilidades de beneficiamento do soro de leite após a fabricação de queijos. Para poder ser beneficiado, é necessário que o soro de leite seja resfriado assim que produzido, ainda no laticínio. Para melhorar sua qualidade, pode ser pasteurizado antes de ser resfriado (etapa facultativa).



**Figura 1. Processos alternativos do soro**

Fonte: Elaboração dos autores

Apesar de haver um mercado em expansão para os concentrados protéicos de soro, o soro desproteinado continua sendo um subproduto poluente. Assim, não pode ser tratado ou descartado como esgoto sem que se incorra em gastos. Isso ocorre em função da elevada demanda química de oxigênio (DQO) – em torno de 50.000mg de O<sub>2</sub>/L de permeado – e da elevada demanda biológica de oxigênio (DBO) – 90% da demanda do soro original.

O soro destinado à secagem deve ser pré-concentrado no laticínio de origem (ou próximo a ele), processo que elevará a concentração dos sólidos totais (ST) de 6 a 18%. Este processo é útil para viabilizar o frete e para reduzir etapa na planta de secagem. A forma de pré-concentração já determinará a tipo de produto final: a nanofiltração dá origem ao soro pré-concentrado com 16% de ST, que resultará no soro de leite em pó desmineralizado e a osmose reversa dará origem ao soro pré-concentrado com 18% de ST que resultará no soro de leite em pó comum.

Se o soro tiver suas proteínas fracionadas, a etapa de pré-concentração não precisará ser feita no laticínio de origem, pois ele terá que ser reidratado para que seja passado por membranas de ultrafiltração específicas para cada tipo de proteína (produto).

### 3.2. Modelos de análise da logística

Foram analisadas, então, as situações de logística. Uma primeira situação implica a coleta de soro nos Municípios e destinação diretamente para unidades de secagem. Alternativamente, pode-se pré-concentrar o soro em pontos intermediários e, a partir destes pontos, destina-lo para secagem.

A determinação da disponibilidade e da localização dos volumes é o ponto de partida para a elaboração de um estudo de viabilidade técnico-econômica referente ao processamento do soro de leite. A partir destas informações, foram avaliadas as alternativas logísticas e de localização para futuros empreendimentos que utilizem o soro como matéria-prima básica.

Em fevereiro de 2009, foi desenvolvido um levantamento de campo nos laticínios da Zona da Mata e do Campo das Vertentes do estado de Minas Gerais, contemplando as seguintes informações sobre a produção de soro nos laticínios:

- Existência de produção de queijo e, conseqüentemente, geração de soro de leite;
- Volume diário de soro gerado (em litros) e respectiva destinação;
- Volume de soro destinado a venda;
- Local de coleta do soro vendido;
- Frequência de coleta ou despacho do soro vendido;
- Tempo de duração do relacionamento com a empresa adquirente do soro;
- Responsabilidade de pagamento do custo de transporte do soro vendido;

De um total de 166 questionários enviados, 61 não voltaram preenchidos. Os motivos foram a impossibilidade de localizar a empresa pela equipe de campo ou a paralisação das atividades da mesma, temporária ou definitivamente. Dentre os 105 questionários válidos, 13 laticínios não fabricam queijo, portanto, não são geradores de soro em seu processo de produção.

Para efeito de identificação do volume e caracterização da localização do soro de leite nas duas regiões, foram consideradas as informações das 92 empresas produtoras de queijo, localizados em 52 Municípios diferentes e com produção total diária de 702.247 litros de soro. Foi utilizada uma matriz de distâncias entre os Municípios no processo de definição do arranjo logístico.

Foi feito um corte em termos de consideração do laticínio no processo de modelagem. Apenas foram considerados laticínios com disponibilidade mínima de 1.000 l/dia, em função de dificuldades destes viabilizarem financeiramente os investimentos para o resfriamento. O volume de soro disponível considerado na modelagem encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1  
Volume de soro utilizados no modelo, por Município

Municípios	Volume de soro (l/dia)	Municípios	Volume de soro (l/dia)
Antônio Carlos	89.500	Viçosa	5.200
Entre Rios de Minas	80.000	Cristiano Ottoni	5.000
Nazareno	46.500	Luminárias	5.000
Lima Duarte	43.500	Piau	5.000
Guiricema	42.500	Tabuleiro	5.000
Lavras	40.000	Santa Rita de Ibitipoca	4.500
Carangola	35.000	Oliveira Fortes	4.200
Juiz de Fora	34.500	Carrancas	4.000
Leopoldina	30.000	Desterro de Melo	4.000
Madre de Deus	30.000	Rio Espera	4.000
Lagoa Dourada	25.000	Santana dos Montes	4.000
São Geraldo	24.000	Visconde Rio Branco	3.500
Patrocínio do Muriaé	20.000	Chácara	3.000
São João Del Rei	16.000	Mercês	3.000
Ingaí	12.000	Paula Cândido	3.000
Guarani	9.900	São Tiago	3.000
Barbacena	8.000	Ubá	3.000
Além Paraíba	7.000	Guaraciaba	1.800
Oliveira	7.000	Bicas	1.000
Raul Soares	7.000	Faria Lemos	1.000
Divinésia	6.000	Muriaé	1.000
Rio Pomba	5.500	Teixeiras	1.000

Fonte: Pesquisa de Campo

Como pode ser observado na Tabela 1, em 14 cidades são gerados aproximadamente 80% do soro disponível na amostra de empresas analisadas. Outras dez cidades geram em torno de 10% do volume total, enquanto as 28 cidades restantes geram os demais 10%.

Do volume total de soro gerado pelos laticínios, aproximadamente 33,1% é atualmente vendido a outras empresas, equivalente a 233 mil litros diários. A totalidade deste volume é resfriado. Do volume não vendido, a destinação predominante é a alimentação animal.

Quanto à localização da(s) unidades de pré-concentração e de secagem, foram pré-selecionados Municípios aptos a receberem as unidades industriais pelo critério das quantidades disponíveis de soro, seguindo o princípio de Pareto, isto é, dentre as localidades que representam 80% do total de soro nas regiões. A Figura 2 apresenta os Municípios pré-selecionados.

Pré-concentração	Secagem
Antônio Carlos	Antônio Carlos
Entre Rios de Minas	Entre Rios de Minas
Nazareno	Nazareno
Lima Duarte	Juiz de Fora
Guiricema	Guiricema
Lavras	Lavras
Carangola	
Juiz de Fora	
Leopoldina	
Madre de Deus	

Figura 2. Municípios pré-selecionados para receber unidades industriais no modelo

Fonte: Resultados da pesquisa

O modelo utilizado compreendeu as seguintes equações e inequações:

**Função Objetivo:**

$$\text{MIN } SD = \left[ \sum_{i=1}^{52} \sum_{j=1}^{10} C_{ij} * X_{ij} \right] + \left[ \sum_{j=1}^{10} \sum_{k=1}^6 D_{jk} * PC_{jk} \right]$$

em que:

$SD$  = função somatória da distância percorrida pelo de soro de queijo fluido para produção até a entrega em unidades de secagem;

$i$  = número de municípios ofertantes em que foi detectada disponibilidade de soro fluido,  $i$  varia de 1 a 52;

$j$  = número unidades industriais de pré-concentração, variando de 1 a 10;

$k$  = unidades de secagem variando, de 1 a 6;

$X_{ij}$  = quantidade movimentada de soro de leite desde a origem  $i$ , em litros/dia, até uma unidade de pré-concentração;

$C_{ij}$  = distâncias entre municípios com disponibilidade de soro e as unidades de pré-concentração;

$D_{jk}$  = distância entre as unidades de pré-concentração  $j$  e as unidades de secagem  $k$ ;

$PC_{jk}$  = quantidade movimentada das unidades de pré-concentração  $j$  e as unidades de secagem  $k$ ;

**Restrições:**

a) Demanda mínima de soro fluido da unidade de pré-concentração, em litros/dia;

$$\sum_{i=1}^{52} X_{ij} \geq 126000 \quad j = 1, \dots, 10 \quad (1)$$

b) Demanda mínima de soro fluido pré-concentrado da unidade de secagem, em litros/dia;

$$S_k \geq 79.380. \quad (2)$$

c) Quantidades movimentadas não podem exceder a disponibilidade de soro no município  $i$ ;

$$\sum_{j=1}^{10} X_{ij} = Pr_i \quad i = 1, \dots, 52 \quad (3)$$

d) a quantidade que entra nas unidades de pré-concentração devem ser transformadas na relação técnica 3:1;

$$\sum_{i=1}^{52} X_{ij} = 3 * \sum_{j=1}^{10} PC_{jk} \quad j = 1, \dots, 10 \quad (4)$$



e) a quantidade que entra nas unidades de pré-concentração devem ser iguais às que saem para alguma unidade de secagem, guardada a relação técnica;

$$\sum_{j=1}^{10} PC_{jk} = 5,667 \cdot \sum_{k=1}^6 S_k \quad (5)$$

### 3.3. Análise financeira dos investimentos

A análise financeira baseou-se no cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR) do investimento. A TIR equivale a encontrar uma taxa de juros que torna uma série de recebimentos e pagamentos equivalentes no presente, ou seja, uma dada remuneração ao capital investido. Dessa forma, quanto mais alta a taxa obtida, mais desejável, portanto, mais recomendável o investimento.

Para tanto, foram necessárias informações a respeito dos investimentos necessários, dos custos de produção e outras despesas, e da receita obtida com a venda do produto resultante.

Para a análise dos custos dos empreendimentos, foram levantados dados técnicos, com base em experiências de laticínios que efetivamente usam os processos, bem como os preços utilizados são os que prevaleciam no mercado em agosto de 2010.

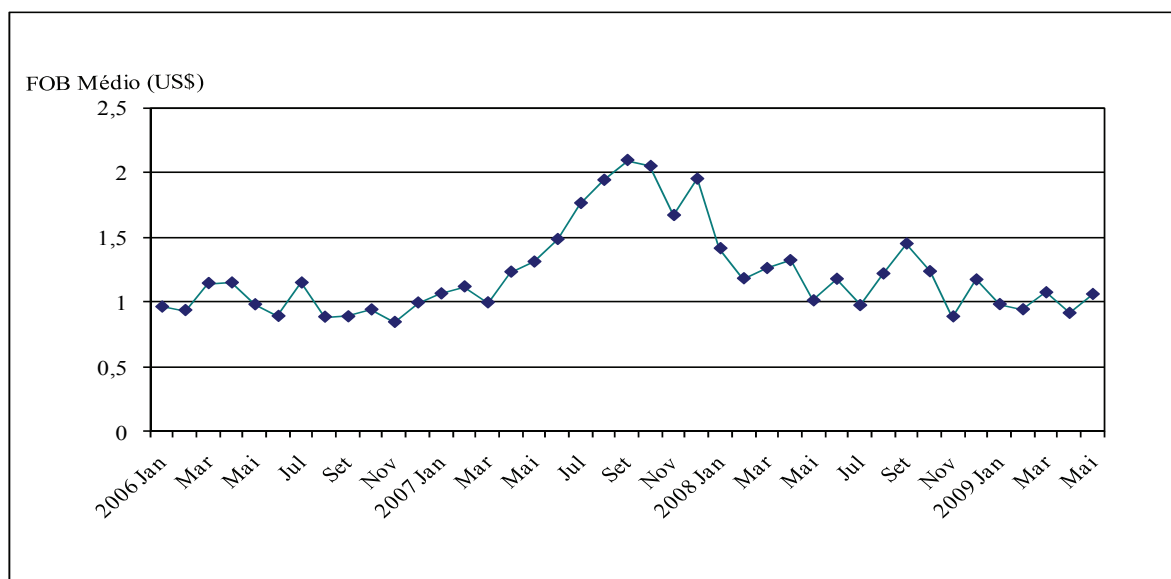
Os investimentos necessários e demais itens de custo apurados para os investimentos do resfriamento no laticínio estão descritos na Figura 3.

O preço do soro no mercado internacional é balizador das decisões de compra da indústria que utiliza soro em seus processos e, portanto, atua como limite superior para o preço do produto doméstico. O preço médio pago pelo soro importado FOB em 2008 foi US\$1,19/kg. Este preço havia experimentado uma tendência de crescimento no período de abril a dezembro de 2007, revertendo a tendência ao longo dos meses de 2008 (Figura 4).

	Resfriamento	Pré-concentração	Secagem
<b>Investimentos</b>	Resfriador para 5.000 litros/hora = R\$10.400,00 (conjunto de placas de circulação de água gelada x soro quente) + tanque (10.000 litros, 20.000, etc.) + compressor de frio	- Equipamento capacidade de 3.000 l/hora = R\$250 mil  - Equipamento capacidade de 6.000 l/hora = R\$300 mil - Obra predial: R\$200 mil - <u>Valor considerado na análise financeira:</u> R\$500 mil	- Torre de secagem para até 480.000 litros de soro fluido /dia = R\$10 milhões - Obra física = R\$10 milhões  - Prazo para início das operações: 1 ano
<b>Custos Operacionais</b>	R\$ 0,01 por litro Frete: R\$ 288,42 para caminhão de 13 mil litros, por 160 km	R\$ 0,02 a 0,025 por litro Frete coleta: R\$ 2,00/km de soro fluido (carreta de 26 mil litros)	R\$ 1,00/kg
<b>Valor de mercado do produto</b>	R\$ 0,01 a 0,02 por litro	R\$ 0,80/kg de sólidos, equivalente a R\$ 0,045 por litro pré-concentrado e frete CIF	R\$ 2,30/kg
<b>Outras informações</b>	Na maioria das vezes, o soro é entregue resfriado sem custo para indústrias de secagem ou para produtores rurais		<u>Capacidade:</u> - potencial 28 t/dia e real 20 t/dia de soro seco - para tal capacidade, processa 160.000 litros soro pré conc. / dia <u>Substituição de membrana:</u> R\$80 a 120 mil a cada 2 anos <u>Equivalência técnica:</u> 1 kg de soro seco consome 17 litros de soro <i>in natura</i>

**Figura 3. Informações de valores utilizados sobre investimento e custos para a instalação de unidades de resfriamento, pré-concentração e secagem**

Fonte: Resultados da pesquisa



**Figura 4. Preços médios do soro importado pelo Brasil (em FOB US\$/kg), 2006-2009 (até maio)**

Fonte: Resultados da pesquisa

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1. Modelos de localização

Inicialmente, são apresentados os resultados dos modelos de localização, conforme os clusters formados em torno de localização de unidades de pré-concentração e de secagem.

#### 4.1.1. Modelo 1: Logística com Pré-Concentração – Municípios candidatos a receberem unidades de pré-concentração

Os modelos de logística indireta são aqueles em que se opta por pré-concentrar o soro em algum ponto o mais próximo possível da origem antes do envio para a planta de secagem, a fim de reduzir o volume do insumo para o transporte e com isso minimizar o custo logístico. A planta de pré-concentração recebe o soro fluido e distribui o soro com um percentual de sólido de 16 a 18%, reduzindo o volume em 1/3 do original.

Nos casos em que coincidir a localização da planta de pré-concentração com a planta de secagem, há a opção de agrupar os dois processos numa mesma unidade. Apesar de reduzir parcialmente os investimentos fixos, isso não evita, contudo, a incidência dos custos operacionais específicos do processo de pré-concentração.

Os agrupamentos dos Municípios em torno daqueles candidatos a receberem unidades de Pré-concentração foram formados e foram consolidadas as quantidades possíveis para cada grupo, conforme detalhado na Tabela 2.

Tabela 2

**Clusters de Municípios formados em torno de cidades candidatas a receber unidades de Pré-concentração e respectivos volumes de soro (l/dia)**

Pré-concentração	Clusters	Volumes de soro consolidado (l/dia)
<b>Antônio Carlos</b>	Antônio Carlos, Lagoa Dourada, Barbacena, Desterro de Melo, Rio Espera	130.500
<b>Entre Rios de Minas</b>	Entre Rios de Minas, Cristiano Ottoni, Santana dos Montes, São Tiago	92.000
<b>Nazareno</b>	Nazareno, Oliveira, Carrancas	57.500
<b>Lima Duarte</b>	Lima Duarte, Santa Rita do Ibitipoca	48.000
<b>Guiricema</b>	Guiricema, São Geraldo, Divinésia, Viçosa, Teixeiras, Visconde do Rio Branco, Paula Cândido, Ubá, Guaraciaba, Muriaé	91.000
<b>Lavras</b>	Lavras, Ingaí, Luminárias	57.000
<b>Carangola</b>	Carangola, Raul Soares, Faria Lemos	43.000
<b>Juiz de Fora</b>	Juiz de Fora, Guarani, Rio Pomba, Tabuleiro, Piau, Mercês, Chácara, Bicas	57.000
<b>Leopoldina</b>	Leopoldina, Patrocínio do Muriaé, Além Paraíba	71.100
<b>Madre de Deus</b>	Madre de Deus, São João Del Rei	46.000

Fonte: Resultados da pesquisa

#### 4.1.2. Modelo 2: Logística com Pré-Concentração – Grupo restrito dos Municípios candidatos a receberem unidades de pré-concentração

Embora todas as candidatas tenham reunido volumes de soro que viabilizassem plantas de pré-concentração, foram selecionadas algumas localidades que demonstraram maior capacidade de

sinergia. Buscou-se investigar os possíveis benefícios logísticos da adoção de plantas de pré-concentração de maior capacidade (Tabela 3).

Tabela 3

**Municípios pré-selecionados para receber unidades de Pré-concentração**

Pré-concentração	Clusters	Volumes de soro consolidado (l/dia)
<b>Antônio Carlos</b>	Antônio Carlos, Lagoa Dourada, Barbacena, Desterro de Melo, Rio Espera, Madre de Deus, Carrancas, Luminárias, Lavras	208.500
<b>Entre Rios de Minas</b>	Entre Rios de Minas, Cristiano Ottoni, Santana dos Montes, São Tiago, São João Del Rei, Nazareno, Oliveira, Ingai	174.500
<b>Guiricema</b>	Guiricema, São Geraldo, Divinésia, Viçosa, Teixeiras, Visconde do Rio Branco, Paula Cândido, Ubá, Guaraciaba, Muriaé, Carangola, Raul Soares, Faria Lemos, Leopoldina, Patrocínio do Muriaé	184.000
<b>Juiz de Fora</b>	Juiz de Fora, Guarani, Rio Pomba, Tabuleiro, Piau, Mercês, Chácara, Bicas, Além Paraíba, Lima Duarte, Santa Rita Ibitipoca	126.000

Fonte: Resultados da pesquisa

O primeiro pré-requisito para a escolha desses quatro municípios foi o grande volume de soro gerado a partir da primeira consolidação, como visto na Figura 2. Excluídos aqueles clusters com quantidades menores de soro – Madre de Deus, Carangola e Lima Duarte –, foi feita uma simulação de otimização com os demais. O resultado apontou que os clusters Antônio Carlos, Entre Rios de Minas, Guiricema e Juiz de Fora eram os mais atrativos, que receberam volumes maiores. Consequentemente, o próximo passo foi a consolidação dos volumes de todo o soro fluido disponível para esses quatro destinos, gerando os números apresentados na Figura 2.

#### 4.1.3. Modelo 3: Logística direta – Laticínios-unidade de secagem

Os modelos de logística direta são aqueles em que o processo de pré-concentração ocorre na própria planta de secagem. O insumo, nesses casos, é o soro fluido resfriado gerado nos laticínios.

Seis municípios foram apontados no modelo de otimização como candidatos favoritos para possível localização das plantas de secagem, mas quatro se destacaram como sendo os de maior viabilidade logística: Antônio Carlos, Nazareno ou Entre Rios de Minas, no Campo das Vertentes, e Guiricema, na Zona da Mata.

#### 4.1.4. Análise comparativa dos modelos

Os modelos buscaram simular situações que permitissem análise da logística em si e também de viabilidade financeira. Para a análise logística, foi criado um indicador chamado **Indicador de Conveniência Logística**, que refere-se à somatória da quilometragem percorrida para coleta do soro nos laticínios e do soro pré-concentrado nas unidades de pré-concentração, qual for o caso. Atribuiu-se o indicador **1,00** para a menor somatória, sendo os demais indicadores constituídos a partir de seus resultados divididos pelo valor relativo a menor quilometragem total. Ou seja,

quanto menor o valor do indicador, melhor o posicionamento, o que vai favorecer a logística. Os resultados são apresentados na Tabela 4 e na Figura 5.

Tabela 4

**Indicadores de Conveniência Logística, segundo situações simuladas**

	Modelos	Localização das unidades de secagem	Volumes diários de operação (litros de soro pré-concentrado por dia)	Indicador de conveniência logística
INDIRETO	<b>Municípios candidatos e 2 torres de secagem em municípios diferentes</b>	Antônio Carlos e Guiricema	150.000 e 81.033	1
		Entre Rios de Minas e Guiricema	127.600 e 103.400	1,1
		Entre Rios de Minas e Juiz de Fora	127.600 e 103.400	1,11
		Antonio Carlos e Juiz de Fora	150.000 e 81.033	1,25
	<b>Municípios candidatos e torres de secagem no mesmo município</b>	Antonio Carlos	231.000	1,21
		Juiz de Fora	231.000	1,4
		Entre Rios de Minas	231.000	1,49
		Guiricema	231.000	1,49
	<b>Cidades selecionadas e 2 torres de secagem em municípios diferentes</b>	Antônio Carlos e Guiricema	150.000 e 81.033	1,52
		Entre Rios de Minas e Guiricema	150.000 e 81.033	1,57
		Antonio Carlos e Juiz de Fora	127.600 e 103.400	1,6
		Entre Rios de Minas e Juiz de Fora	127.600 e 103.400	1,63
	<b>Cidades selecionadas e torres de secagem no mesmo município</b>	Antonio Carlos	231.000	1,75
		Juiz de Fora	231.000	1,94
Guiricema		231.000	1,97	
Entre Rios de Minas		231.000	1,99	
DIRETO	<b>Modelo Direto e 2 torres de secagem em municípios diferentes</b>	Antônio Carlos e Guiricema	139.333 e 72.800	1,47
		Nazareno e Guiricema	154.833 e 76.200	1,46
		Entre Rios de Minas e Guiricema	120.833 e 110.200	1,76
	<b>Modelo Direto e torres de secagem no mesmo município</b>	Antônio Carlos	231.000	2,12
		Nazareno	231.000	2,63
		Juiz de Fora	231.000	2,84

Fonte: Resultados da pesquisa

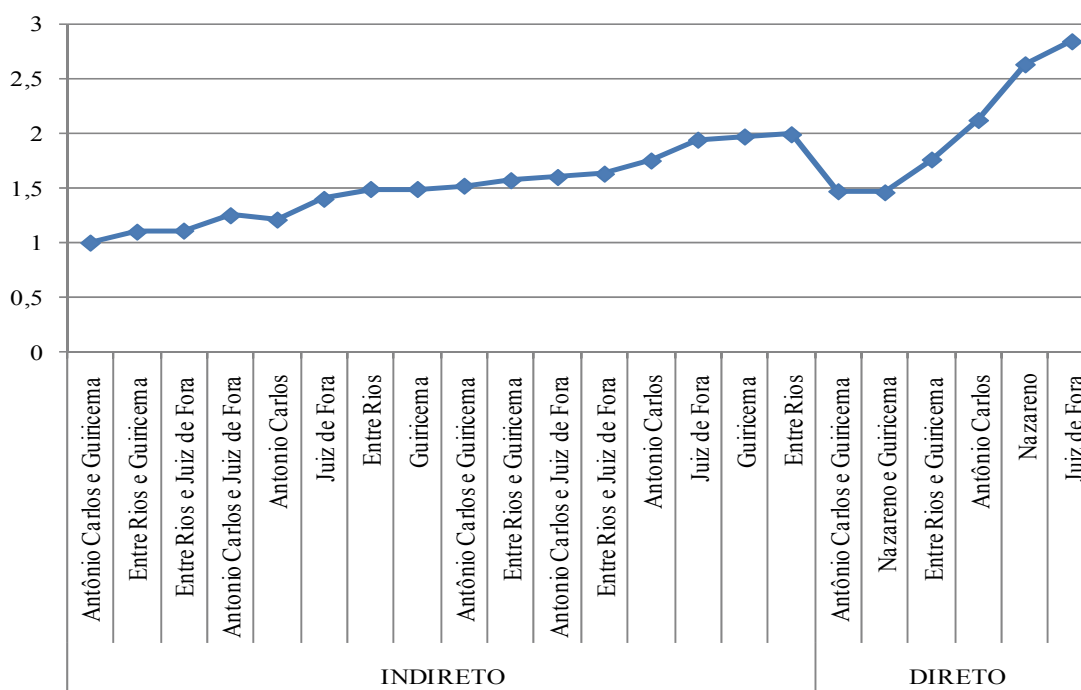


Figura 5. Indicador de Conveniência Logística, conforme situações simuladas

Fonte: Resultados da pesquisa

Os diversos modelos que buscaram a definição da localização, apenas por critérios de logística - coleta e consolidação de volumes para beneficiamento do soro - indicaram ser mais competitivas soluções que utilizassem consolidação de volumes para pré-concentração e posteriormente o envio para secagem, ou seja, em 2 etapas.

Nesta investigação inicial, os modelos com melhores indicadores sugerem Antônio Carlos e Entre Rios de Minas como posicionamentos mais adequados para receberem unidades de secagem no Campo das Vertentes, não referendando, portanto, a opção de localização também avaliada em Nazareno. No caso da Zona da Mata, Guiricema foi a cidade mais competitiva para que seja posicionada uma unidade de secagem.

#### **4.2. Análise financeira dos investimentos**

Ficou patente que os investimentos nas estruturas de resfriamentos nos laticínios não se viabilizam financeiramente. São, portanto, investimentos tidos como parte do negócio em cumprimento a legislação, fiscalização e consciência ambiental.

Para os atuais valores de compra praticados pela indústria de secagem, a pré-concentração é um investimento absolutamente inviável. Os investimentos tornar-se-iam viáveis à medida que fossem melhorados significativamente os preços de venda do soro pré-concentrado para a indústria de secagem, atingindo a no mínimo R\$ 0,12 por litro pré-concentrado FOB, para unidades com produção mínima de 126.000 litros/dia.

Plantas inferiores a 10.000 kg/dia não foram viáveis, ou por apresentar alto risco em função da ocupação da capacidade operacional, ou mesmo por resultar em Taxa Interna de Retorno negativa.

#### **4.3. Modelo de rede logística e viabilidade do negócio**

Com base na análise conjunta da logística e da viabilidade financeira, foi identificado que o modelo de rede logística mais adequado é o indireto – coleta nos laticínios, pré-concentração e distribuição para unidades de secagem. A localização espacial das unidades sugere que a pré-concentração ocorra nos Municípios Antônio Carlos, Entre Rios de Minas, Juiz de Fora e Guiricema, e a secagem em Antônio Carlos e Guiricema.

Tal resultado significa a sugestão de localização das unidades com base simultaneamente na logística e nas economias de escala da produção, produzindo resultados financeiros em ponto de viabilidade do investimento (Tabela 5).

Tabela 5

**Resultados da análise financeira do modelo de beneficiamento sugerido**

Localização	Capacidade <sup>1</sup>		TIR (% a.a.)			
	Pré-concentrado (litros/dia)	Seco (kg/dia)	Preço de compra (fluido) Preço de venda (pré-concentrado)	R\$0,02/l R\$0,15/l	R\$0,01/l R\$0,12/l	R\$0,045/l <sup>2</sup>
<b>Pré-concentração</b>						
<b>Guiricema</b>	61.333			14%	14%	* <sup>3</sup>
<b>Juiz de Fora</b>	42.000			5%	5%	* <sup>3</sup>
<b>Antônio Carlos</b>	69.000			17%	17%	* <sup>3</sup>
<b>Entre Rios de Minas</b>	58.000			13%	13%	* <sup>3</sup>
<b>Secagem</b>						
<b>Guiricema</b>		14.200		-6,06%	0,25%	12,49%
<b>Antônio Carlos</b>		19.750		-0,50%	6,80%	21,46%

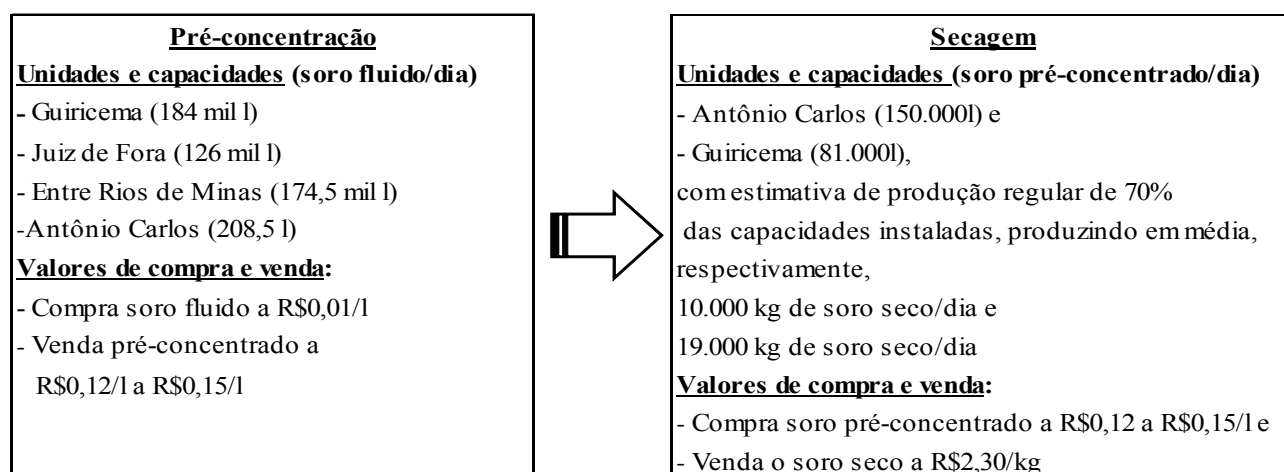
Notas: 1 – Valores médios estimados  
2 – Valor atualmente praticado  
3 – Inviável financeiramente

Fonte: Resultados da pesquisa

Como se pode observar, os atuais valores de venda de soro pré-concentrado praticados no mercado (R\$0,045/litro) não viabilizam os investimentos em **pré-concentração**. O investimento encontraria viabilidade à medida que este preço de venda atingisse o mínimo de R\$0,12 por litro, pagando-se R\$0,01 por litro do soro fluido. Cada acréscimo de R\$0,01 no preço do soro fluido implicaria melhorar remuneração em R\$0,03 do soro pré-concentrado.

Por outro lado, com o insumo a R\$0,12 por litro pré-concentrado, não é viável a operação das plantas de secagem, considerando-se o preço de venda por quilo de soro seco a R\$2,30.

A Figura 6 apresenta a configuração logística e de valores para a viabilidade do negócio.



**Figura 6. Configuração geral do modelo de rede logística e preços para viabilidade financeira**

Fonte: Resultados da pesquisa

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo objetivou encontrar viabilidade técnico-econômica para a formação da cadeia de processamento do soro enquanto matéria-prima para produtos nobres. Foram levados em conta aspectos diversos, tais como de dispersão geográfica da matéria-prima que é extremamente perecível, de localização, de logística e viabilidade financeira.

Partiu-se do pressuposto de que para poder ser beneficiado, é necessário que o soro de leite seja resfriado assim que produzido, ainda no laticínio. Muito embora haja relatos de aproveitamento de soro “quente” para fabricação direta de alguns produtos, tal descrição não é conhecida dos técnicos de mercado. É improvável que tal processo possa ocorrer em escala razoável.

Com base nas informações das 92 laticínios localizados em 52 Municípios e com produção total diária de 702.247 litros de soro, o problema aqui tratado, da localização de unidade de beneficiamento do soro de leite e identificação dos respectivos fornecedores, envolve a sugestão do local para instalação da indústria que minimiza os custos de obtenção do soro resfriado e/ou pré-concentrado para o processamento, bem como os valores que viabilizam o empreendimento.

Por critérios exclusivos de logística os modelos com melhores indicadores sugeriram Antônio Carlos e Entre Rios de Minas como posicionamentos mais adequados para receberem unidades de secagem no Campo das Vertentes. No caso da Zona da Mata, Guiricema foi a cidade mais competitiva para que seja posicionada uma unidade de secagem.

Aos critérios da logística, foram agregados critérios outros de caráter financeiro. Foi identificado que o modelo mais adequado deveria contemplar a localização das unidades de pré-concentração nos Municípios Antônio Carlos, Entre Rios de Minas, Juiz de Fora e Guiricema, enquanto as unidades de secagem foram orientadas para posicionarem-se em Antônio Carlos e Guiricema.

Porém, o que se constatou foi que os atuais valores de venda de soro pré-concentrado praticados no mercado (R\$0,045) não viabilizam os investimentos em pré-concentração. Estes seriam viáveis a, no mínimo, R\$0,12 por litro, pagando-se R\$0,01 por litro do soro fluido. Entretanto, se a indústria de secagem comprar o soro a R\$0,12 por litro pré-concentrado, não tem viabilidade financeira dos investimentos, considerando-se o preço de venda por quilo de soro seco a R\$2,30.

Tal situação coloca um desafio às empresas. É preciso que haja governança firme da cadeia, inicialmente, parecendo ser necessário a integração vertical, ou seja, um grupo empresarial ser proprietário das unidades de pré-concentração e de secagem para minimizar custos e riscos de regularidade e quantidade da matéria-prima. Por outro lado, esta parece ser a forma mais rápida da cadeia organizar-se na região.

Além do mais, não se deve perder de vista que a internalização do produto importado está extremamente competitiva. Na média de 2008, o preço do produto importado foi US\$1,20 por kg FOB. No contraponto, o preço do mercado interno R\$2,30, não viabiliza investimentos.

Porém, há que se considerar que o benefício social, se contabilizado, por indicar a adequação de tais investimentos, uma vez considerada a questão ambiental. Os benefícios da mitigação dos impactos ambientais negativos do efluente da disposição inadequada podem ser favoráveis a participação e preocupação dos entes públicos quanto ao custo de oportunidade da substituição do tratamento do dejetos pela sua industrialização.

Neste sentido, políticas públicas que estimulem a propensão dos laticínios a resfriar e repassar o soro para processamento, que favoreçam a redução de custos operacionais – como, por exemplo, energia elétrica - e de capital - redução de impostos e de custos financeiros e incentivos na compra de equipamentos para estruturação de unidades industriais – são bem-vindas e podem ter um caráter estratégico para o sucesso do desenvolvimento e da consolidação da cadeia do soro seco nas regiões da Zona da Mata e Campo das Vertentes de Minas Gerais.



Também são relevantes políticas públicas no âmbito da Ciência & Tecnologia & Inovação que estimulem a inovação de processos que viabilizem mais simples para produtos novos, valendo-se da qualidade nutritiva do soro enquanto matéria-prima, bem como de fabricação de equipamentos inovadores e mais baratos para os processos estabelecidos.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. A. S. B. Viabilidade econômica e localização de unidade produtora de farinha de milho para utilização em mistura com trigo no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1981. 159 p. Dissertação (Mestrado) - ESALQ/Universidade de São Paulo.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. Porto Alegre, Bookman. 4. ed. 2001. 532p.
- BIASUTTI, E. A. R., AFONSO, W. DE O., JUNIOR, C. DE O. L., COELHO, J. V., SILVA, V. D. M. & SILVESTRE, M. P. C. Ação da pancreatina na obtenção de hidrolisados protéicos de soro de leite com elevado teor de oligopeptídeos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas/Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.44, n.1, p.51-60, 2008.
- BNB. Banco do Nordeste do Brasil. **Manual de localização industrial**. Rio de Janeiro: APEC, 1971.
- BRANDEAU, M. L. & CHIU, S. S. An overview of representative problems in location research. **Management Science**, 35 (6): 645-674, 1989.
- CAIXETA-FILHO, J. V. Transporte de produtos agrícolas: sobre o problema das perdas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.34, n.3 e 4, p.173-199, 1996.
- CANZIANI, J. R. F. Simulação sobre a implantação da indústria de suco concentrado de laranja no Estado do Paraná. Piracicaba – SP, ESALQ/USP. 111p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1981.
- CLEMENTE, A & COSENZA, C. A N. Análise da localização de projetos. In: CLEMENTE, A (Org.) **Projetos empresariais e públicos**. São Paulo: Atlas, 1998. p. 119-143
- CRUZ, J. C. F. Eficiência locacional e dimensões econômicas de unidades armazenadoras no Estado de Minas Gerais. Viçosa, 1990. 97p. Tese (Mestrado) - Departamento de Economia Rural/Universidade Federal de Viçosa.
- GAUTHIER, S. F. & POULIOT, Y. Functional and biological properties obtained by enzymatic hydrolysis of whey proteins. **J. Dairy Sci.**, v.86, p.78-87, 2003.
- HOLANDA, N. **Planejamento e projetos**. Fortaleza: Edições UFC, 1983.
- INDI. Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais. **A indústria de laticínios brasileira e mineira em números**. Belo Horizonte: INDI, 2003 (INDI/P1/AI/001/EP/-/05/03)
- LOPES, R. L. Suinocultura no Estado de Goiás; aplicação de um modelo de localização. Piracicaba, 1997. 95 p. Dissertação (Mestrado) - ESALQ/Universidade de São Paulo.
- NOVAES, A. G. **Sistemas de Transportes**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1986. cap. 3 (Volume I - Análise da demanda)
- OLIVEIRA, N. M. & SANTOS, H. N., Agroindústria no estado de Mato Grosso: uma aplicação de um modelo de localização. In: 1º CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA AGROPECUÁRIA. Santarém – Portugal, 2004.
- PACHECO, M. T. B., DIAS N. F. G., BALDINI, V. L., TANIKAWA, C. & SGARBIERI, V. C. Propriedades funcionais de hidrolisados obtidos a partir de concentrados protéicos do soro de leite. **Ciênc. Technol. Aliment.**, v.25, n.2, p.333-338, 2005.
- RAMOS, S. Y. & CAIXETA FILHO, J. V. Distribuição espacial de packing-houses de laranja no Estado de São Paulo: uma aplicação da teoria da localização. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 40, n.3, 2002.
- SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Rev. Nutr.**, v.17, n.4, p.397-409, 2004.
- SARTORI, M. A., LIMA, F. A. S., PEREZ, R., ROCHA, M. N. & MARTINS, D. D. S. A. Proposta locacional para unidades de processamento de mamona pela agricultura familiar, no Centro Norte do estado da Bahia. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 7, n.1, 2009
- SISO, M.I.G. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. **Biores. Technol.**, v.57, p.1-11, 1996.
- UNIDO. Organização para o Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas. **Manual de preparação de estudos de viabilidade industrial**. São Paulo: Atlas, 1987.