Artigo

UMA ABORDAGEM *FUZZY* PARA ANÁLISE DE DECISÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE LEITE TIPO A

A *fuzzy* approach to decision analysis on the distribution of milk type A

Matheus Cardoso de FREITAS[1]
Magda da Silva PEIXOTO[2*]
José Geraldo Vidal VIEIRA[3]

RESUMO

A distribuição física é uma importante função da logística que agrega valor ao cliente final. Esse trabalho tem por objetivo elaborar um modelo de tomada de decisão para determinar os canais mais lucrativos para a distribuição de leite, a partir de um centro de distribuição. Como método de apoio a essa tomada de decisão, utilizou-se de sistemas baseados em regras *fuzzy* para elaborar um modelo matemático que atendesse a cenários de distribuição do leite a seis segmentos atendidos por uma grande processadora de leite tipo A, tais como: grandes redes varejistas, supermercados de pequeno e médio porte, mercearias de bairro, padarias, consumidor final e institucional. Simulações computacionais foram realizadas, analisadas e comparadas com dados reais. Como principais resultados têm-se um modelo que gerou uma distribuição com receita cerca de 1,5% maior do que a atual e os segmentos de mercado que apresentaram distribuição mais lucrativa.

Palavras-chave: logística de distribuição; sistemas *fuzzy*; conjuntos *fuzzy*; laticínio.

ABSTRACT

The physical distribution is an important logistics function that adds value to the final customer. The main aim of this paper has been to develop a model for decision making to determine the most profitable places for the milk distribution from a distribution center. As a method to support this decision, it has been proposed the use of fuzzy rule-based system in order to develop a mathematical model that would meet the milk distribution scenarios to six segments served by a large milk processing type A, such as: large retailers, small and medium supermarkets, groceries, bakeries, industries and home deliveries. Computer simulations have been performed, analyzed and compared to real data. As main results have a model that has generated a distribution of revenues about 1.5% higher than the current one, as well as market segments whose distribution was more lucrative.

Keywords: distribution logistic; fuzzy systems; fuzzy sets; dairy.

1 Estudante de Graduação do Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos(UFSCar), Campus Sorocaba, São Paulo, Brasil. E-mail: matheus.cardoso17@hotmail.com:

2 Doutora em Matemática Aplicada. Professora Adjunta UFSCar, Campus Sorocaba, São Paulo, Brasil. E-mail: magda@ufscar.br

3 Doutor em Engenharia de Produção. Professora Adjunto UFSCar, Campus Sorocaba, São Paulo, Brasil. E-mail: jose-vidal@ufscar.br

* Autor para correspondência: Universidade Federal de São Carlos. Rodovia João Leme dos Santos SP-264, km 110, Bairro Itinga, Sorocaba, São Paulo, Brasil. CEP: 18052-780. E-mail: magda@ufscar.br

Recebido / Received: 14/06/2013
Aprovado / Approved: 27/08/2013

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de leite do mundo e com boas perspectivas de crescimento na produção de produtos lácteos diante do aumento do consumo interno, impulsionado pelo crescimento da renda familiar, aumento do consumo externo, aumento de investimentos em tecnologias no setor agroindustrial e maior eficiência nos processos produtivos. Por outro lado, presencia-se ainda uma gestão precária das atividades de coleta (CORREIA et al., 2012) e de distribuição de produtos lácteos ao consumidor final (SANTOS et al., 2012).

Para manter essa perspectiva de crescimento e garantir a competitividade no mercado, é importante que as indústrias do setor tenham uma gestão adequada de seus custos de coleta e de distribuição, de forma a atender às exigências de nível serviço ao cliente (BOWERSOX; CLOSS, 2007), desde a produção à distribuição dos produtos ao mercado. Somente a distribuição pode representar até dois terços desses custos (FLEURY et al., 2000; BALLOU, 2006).

A modelagem computacional com sistemas *fuzzy* mostra-se aplicável à logística de distribuição física (SANTOS et al., 2012) e pode auxiliar os gestores na tomada de decisão de forma que se tenha melhor nível de serviço a um menor custo logístico. Assim, no cenário da logística de distribuição, essa ferramenta possui importante papel no auxílio à gestão e na tomada de decisão por especialistas, uma vez que, na maioria dos casos, as decisões sobre distribuição são tomadas utilizando-se critérios qualitativos na escolha, que nem sempre podem ser mensurados. A Teoria *Fuzzy* estabelece uma relação entre a precisão da matemática clássica e a imprecisão do mundo real (CASTANHO; PEIXOTO, 2010) e mostra-se importante para a modelagem de representação e raciocínios imprecisos, que tem importante papel na tomada de decisões racionais em ambientes de imprecisão, fornecendo poderosa estrutura para manipulação de informações aproximadas. Sendo assim, sistemas baseados em regras *fuzzy* podem reproduzir as escolhas do gerente de distribuição, fornecendo seu resultado econômico, mostrando possíveis oportunidades de melhoria na própria distribuição.

Esse trabalho de pesquisa está circunscrito ao desafio de distribuição de leite tipo A na cidade de São Paulo a partir do maior centro de distribuição da segunda maior indústria processadora de leite tipo A do país. O centro de distribuição possui as atividades de recebimento, movimentação, armazenagem e distribuição de leite a diversos segmentos de mercados, o que constituem, segundo Bowersox; Cooper (2006), as principais atividades responsáveis pelos custos logísticos.

Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi propor modelos matemáticos através de sistemas baseados em regras *fuzzy* para o auxílio à tomada de decisão da gerência do centro de distribuição da indústria de laticínio, denominada Empresa, sendo tais decisões relacionadas à escolha do melhor segmento de mercado (em termos de lucratividade) para a distribuição de leite integral tipo A.

Escopo e definição do problema

A produção do leite é realizada em uma fazenda de propriedade da Empresa, no interior de São Paulo e conta com um rebanho de 980 vacas holandesas puras, produzindo, em média, 30 mil litros de leite por mês (Fonte: Empresa). O leite é extraído na própria fazenda, na sala de ordenha automatizada, de onde segue por tubulações à usina de beneficiamento, onde passa por processos de higienização e controle, seguindo para o envase. Da fazenda, o leite envasado segue para três centros de distribuição, sendo mais de 50% dessa carga destinada ao centro de distribuição em São Paulo. O transporte da fazenda ao centro de distribuição é realizado por frota própria e terceirizada. No centro de distribuição, o leite é armazenado temporariamente e a distribuição é realizada por distribuidores terceirizados aos seguintes canais: grandes redes de supermercados, padarias, domicílios, supermercados de redes menores, institucional e pequenos varejos (objeto dessa pesquisa, em destaque, na Figura 1).

Essa distribuição deve ser feita com a maior rapidez possível, pelo fato do produto ser altamente perecível, além da exigência do consumidor final em consumir um produto mais fresco, sem perder as características sensoriais e peculiares do leite tipo A. Além disso, a entrega a esses diferentes canais segue formas diferenciadas de atendimento. No caso das padarias, por exemplo, as entregas são mais constantes, com menores volumes de leite e devem ser mais ágeis por causa do acesso às vias de São Paulo. Logo, espera-se que as entregas sejam realizadas em veículos de menor capacidade, porém com maior flexibilidade no transporte. Para as grandes redes, os volumes são maiores, exigem-se veículos de maior capacidade e as agendas de entregas devem ser obedecidas conforme exigências acordadas.

Portanto, para o gerente do centro de distribuição, a escolha de qual mercado priorizar, qual quantidade a ser entregue a cada mercado, levando em conta a redução de custos de distribuição e os altos níveis de serviço logístico, visando maiores lucros, são desafios que essa pesquisa procura contribuir no sentido de auxiliar a tomada de decisão de gerência.

REVISÃO DE LITERATURA

Sistemas baseados em Regra *Fuzzy*

Um subconjunto *fuzzy A* de um conjunto universo *X* é definido pela função de pertinência que associa a cada elemento *x* de *X* um número entre zero e um, que indica o grau de pertinência de *x* *a* A (ZADEH, 1965). É interessante notar que um

subconjunto clássico *A* de *X* é um conjunto *fuzzy* particular, para o qual a função de pertinência é sua função característica.

Basicamente, um sistema baseado em regras *fuzzy* (SBRF) possui quatro componentes: um processador de entrada (*fuzzyficação*); uma coleção de regras linguísticas, chamada base de regras; um método de inferência *fuzzy* e um processador de saída (*defuzzyficação*). Esses componentes processam valores reais de entrada em valores reais de saída (PEIXOTO et al., 2007). A Figura 2 ilustra um sistema baseado em regras *fuzzy.*

A base de regras é composta por uma coleção de proposições condicionais *fuzzy* na forma de regras *se-então*. Um especialista do fenômeno analisado fornece as informações para se formular o conjunto de regras *fuzzy* que ativa as *associações de entrada/saída linguísticas.*

O método de inferência utilizado nesse trabalho é o de Mamdani (BARROS; BASSANEZI, 2010), que agrega as regras por meio do operador lógico OU, modelado pelo operador máximo e, em cada regra, os operadores lógicos E e ENTÃO são modelados pelo operador mínimo (KLIR; YUAN, 1995).

Por fim, na *defuzzyficação,* o valor da variável linguística de saída inferida pelas regras *fuzzy* é traduzida num valor real. O objetivo é obter um valor real que melhor represente os valores *fuzzy* de saída. O método de *defuzzyficação* adotado nesse artigo é o do centro de gravidade (PEIXOTO, 2005).

Sugere-se a leitura de de Klir; Yuan (1995) e Barros; Bassanezi (2010) para um entendimento detalhado dos fundamentos da Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* e suas aplicações.

Com isso, a modelagem computacional com sistemas *fuzzy* mostra-se aplicável a várias áreas distintas do conhecimento, como por exemplo, Biomatemática para controle de populações herbívoras (PEIXOTO, 2007; PEIXOTO, 2008a; PEIXOTO, 2008b), diagnóstico de defeitos em peças de uma produção (FUJIMOTO, 2005), processos de decisão (ZADEH, 1973) e logística de distribuição física (SANTOS et al., 2012). No cenário da logística de distribuição, essa ferramenta possui importante papel em trabalhos de tomada de decisão por especialistas, uma vez que, na maioria dos casos, as decisões sobre distribuição são tomadas utilizando-se critérios qualitativos na escolha, que nem sempre podem ser mensurados.

Logística de Distribuição

A eficiente condução da logística seja por meio do gerenciamento do fluxo ou da melhoria do relacionamento entre as partes, dentro do contexto do gerenciamento da cadeia de suprimentos, pode fornecer importante fonte de vantagem competitiva. Sendo assim, com a crescente competitividade no setor de commodities, a logística alia-se à qualidade do produto entregue ao cliente final, que cada vez mais

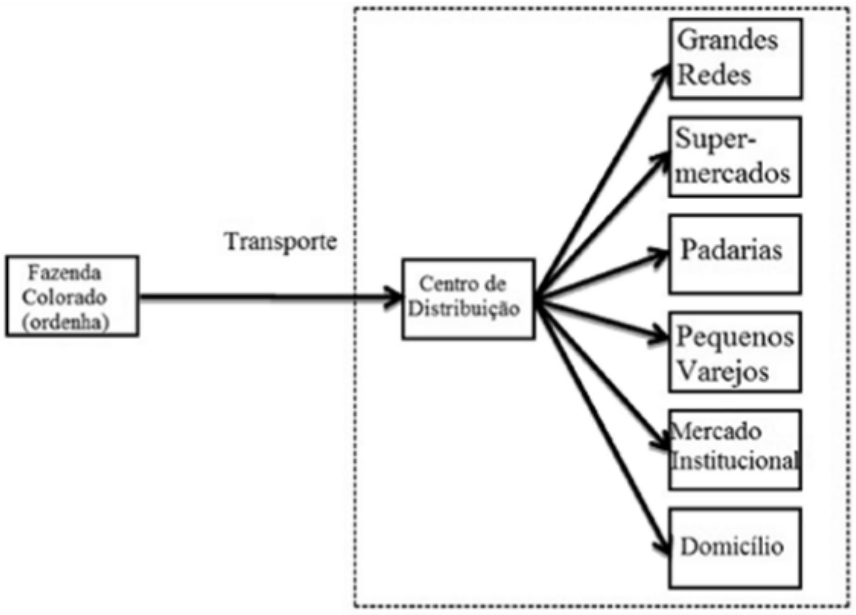

Figura 1 – Logística de distribuição do leite tipo A.

exige bons níveis de serviço atrelados aos produtos (CAMPOS, 2008). Sendo assim, a gestão logística tem como princípio a missão de planejar e coordenar as atividades necessárias para atingir níveis desejados de qualidade e de serviços prestados ao menor custo possível (CRISTOPHER, 2007).

Ademais, a cadeia de suprimentos se mostra como uma rede de organizações envolvidas, por meio de vínculos de montante à jusante, nos diferentes processos que agregam valor a produtos e serviços, destinados ao consumidor final (MENTZER et al., 1989; CRISTOPHER, 2007). Problemas de relacionamento nos canais de distribuição aos setores varejistas geram diversas ineficiências no desempenho logístico, tais como: entregas atrasadas, entregas incompletas, entregas com erro no pedido ou em notas fiscais e perda ou contaminação de materiais perecíveis. Tais fatos esclarecem a importância de se ter um fornecimento de produtos com altos índices de desempenho logístico (VIEIRA; COUTINHO, 2008) a diferentes segmentos de mercados de acordo com o valor do serviço percebido (RAFELE, 2004).

Pode-se mensurar o nível de serviço, quantitativamente, pelo percentual de pedidos entregues, pontualidade das entregas, pedidos em ruptura, cumprimento da agenda de entrega e itens que não foram entregues, bem como o custo total de transporte, prazo e frequência de entrega, entre outros classificados como Elementos Operacionais (STANK et al., 2003). Esses autores também defendem o uso de outro grupo de Elementos Relacionais que têm maior influência na satisfação dos clientes, tais como facilidade de comunicação, empatia, rapidez no atendimento, segurança e habilidades em transmitir confiança e comprometimento. Por sua vez, Rafele (2004) sugere outros elementos do nível de serviço referente à forma de atendimento (flexibilidade, assistência no serviço prestado, condições de atendimento ao suprimento, *lead time*) que são importantes para uma melhor percepção dos clientes. Outros autores como Simatupang; Sridharan (2005) e Vereecke; Muylle (2006) também estudaram nível de serviço sob o ponto de vista qualitativo como flexibilidade, qualidade, compartilhamento de informação, sincronia de decisão e incentivo ao alinhamento. Nessa pesquisa, embora o foco não seja o estudo dos índices de desempenho logístico, eles podem influenciar na determinação de quais mercados dentro da grande São Paulo deverão ser atendidos a partir do centro de distribuição, à medida que a forma de atendimento ao serviço eleva a percepção por esses mercados. Logo, o serviço percebido, prestado por meio de um menor *lead time* de entrega ou condições de cumprimento da agenda a grandes supermercados, por exemplo, podem aumentar as vendas para esses canais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia consistiu em um estudo de caso no centro de distribuição da Empresa, na cidade de São Paulo, onde as atividades de venda e logística de distribuição foram conhecidas e detalhadas para a composição do problema em questão. *Quais segmentos de mercado proporcionam melhores índices de lucratividade?* Para responder a essa questão e atender ao objetivo dessa pesquisa, foram elaborados modelos de tomada de decisão para distribuição de leite em diversos canais a partir de um centro de distribuição.

Como método de apoio à tomada de decisão do decisor logístico, utilizou-se sistemas baseados em regras *fuzzy* para atender a cenários de distribuição do leite aos seis segmentos atendidos pela empresa: as grandes redes varejistas, supermercados de pequeno

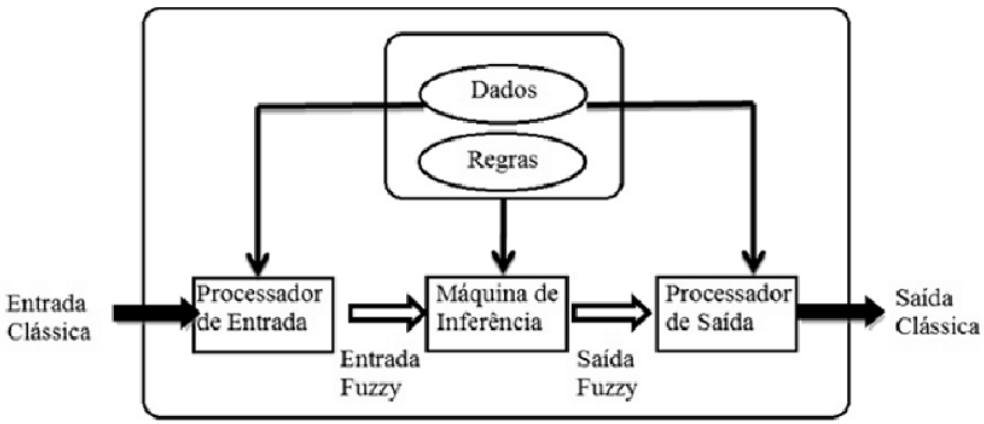

Figura 2 – Estrutura básica de um sistema baseado em regras fuzzy.

Fonte: CASTANHO; PEIXOTO (2010)

e médio porte, mercearias de bairro, padarias, consumidor final e institucional.

Vale ressaltar que inicialmente, foi realizada uma revisão de literatura sobre a modelagem *fuzzy* e a logística de distribuição e seus principais aspectos de custo e impacto na lucratividade da Empresa.

Para elaboração do modelo e coleta dos dados foi realizada uma visita técnica ao centro de distribuição da Empresa e cinco reuniões com o gerente responsável pela logística. De posse dos dados da distribuição de leite integral tipo A, durante doze meses para os diferentes segmentos varejistas, fornecidos pelo gerente da Empresa, dados referentes à lucratividade por litro e o preço de venda para cada segmento, foram desenvolvidos três modelos matemáticos através de sistemas *fuzzy* como seguem:
Modelo 1 (Simulação do cenário atual): Esse primeiro modelo contempla os dados referentes ao volume de leite mensal durante um ano e receitas oriundas de cada segmento. Assim, foi feita a reprodução das escolhas de distribuição realizadas na época, sendo o volume total de leite disponível a variável de entrada, e as quantidades a serem distribuídas para cada segmento as variáveis de saída do SBRF.
Modelo 2 (Simulação com valores otimizados): Esse modelo contempla os dados referentes ao volume de leite mensal durante um ano, receitas oriundas de cada segmento, porém com uma nova base de regras e com apoio de software de otimização. Portanto, com auxílio do gerente e de um modelo de otimização linear feito por meio da ferramenta *solver*do *software Microsoft® Excel®*, pôde-se direcionar quais segmentos deveriam ter alteração no volume distribuído. As variáveis de entrada e saída do novo SBRF são as mesmas do Modelo 1.
Modelo 3 (Lucratividade): Esse terceiro modelo avalia o quanto a opção de distribuição utilizada é lucrativa de acordo com o volume distribuído, tendo como variáveis de entrada os volumes para cada segmento e como saída uma nota para a lucratividade no SBRF.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados reais fornecidos pela Empresa são mostrados nas Tabelas 1 e 2. Os volumes vendidos a cada segmento ao longo do período analisado são exibidos na Tabela 1 e o preço de venda e o lucro por litro de leite vendido para cada segmento na Tabela 2. Esses dados foram utilizados para validação dos modelos aqui propostos.

Analisando os oito segmentos abrangidos pela empresa observou-se o baixo impacto da distribuição da venda direta (Tabela 1), talvez pelo baixo volume de compra e baixa exposição do produto. Assim, optou-se por removê-los da análise, visto que seus valores são pouco relevantes ao problema.

Cenário 1 – Simulação do cenário real

De posse desses dados, e com auxílio do especialista (gerente de distribuição da Empresa), elaborou-se uma base de regras *fuzzy*, com o objetivo de reproduzir a distribuição feita pela Empresa, ou seja,

1- Se o volume total é muito baixo, então os segmentos recebem: grandes (volume muito baixo), padarias (volume muito baixo), domicílio (volume baixo), supermercados (volume baixo), venda (volume baixo), varejo (volume muito baixo).

Tabela 1 – Volume de distribuição de leite A aos diferentes segmentos durante um ano.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Grandes	99.192	103.864	117.104	113.321	120.386	115.016	107.774	118.495	116.087	118.908	117.744	115.331
Padarias	75.045	72.111	72.619	84.963	87.735	87.285	85.471	88.460	85.995	90.235	93.438	92.368
Domicílio	6.905	7.463	9.430	7.474	8.199	8.201	8.064	8.369	8.268	8.284	8.425	7.846
Supermercados	50.931	52.331	61.694	62.344	65.956	63.454	63.774	67.356	68.466	68.128	68.668	68.235
Institucional	27.727	26.957	44.871	34.020	32.694	32.043	29.155	32.482	29.703	31.654	29.562	28.009
Varejo	26.917	29.025	35.910	34.950	37.225	35.297	33.523	36.787	35.876	36.286	36.582	34.345
Venda Direta	84	92	139	99	99	115	125	138	315	641	442	498

Fonte: Empresa, 2010.

Tabela 2 – Preço de venda e lucratividade para cada segmento de clientes.

	Preço de venda (R$/L)	Lucratividade (R$/L)
Grandes	2,22	0,1153
Padarias	2,30	0,2063
Domicílio	2,00	0,2420
Supermercados	2,26	0,1385
Institucional	2,00	0,1856
Varejo	2,26	0,2063

2- Se o volume total é baixo, então os segmentos recebem: grandes (volume baixo), padarias (volume muito baixo), domicílio (volume baixo), supermercados (volume baixo), institucional (volume baixo), varejo (volume baixo).

3- Se o volume total é médio, então os segmentos recebem: grandes (volume baixo), padarias (volume alto), domicílio (volume médio), supermercados (volume médio), institucional (volume médio), varejo (volume médio).

4- Se o volume total é alto, então os segmentos recebem: grandes (volume alto), padarias (volume alto), domicílio (volume alto), supermercados (volume muito alto), institucional (volume baixo), varejo (volume alto).

5- Se o volume total é muito alto, então os segmentos recebem: grandes (volume alto), padarias (volume muito alto), domicílio (volume alto), supermercados (volume muito alto), institucional (volume baixo), varejo (volume muito alto).

A partir desta primeira base de regras elaborou-se um modelo matemático computacional, desenvolvido no *Fuzzy Toolbox*™ do *software MatLab®,* que possui como variável de entrada o volume total de leite disponível para distribuição e como variáveis de saída os volumes a serem distribuídos para cada segmento (Figura 3), o método de inferência de Mamdani e *defuzzyficação* pelo centro de gravidade.

Os volumes para cada variável linguística de cada um dos segmentos são os subconjuntos *fuzzy*={*muito baixo, baixo, médio, alto, muito alto*}.

Esse modelo simulou a distribuição para cada segmento a partir de um volume total, sendo capaz de reproduzir as opções de distribuição e venda a partir do centro de distribuição (Tabela 3).

A partir dos dados da Tabela 1 (volume de leite distribuído), da Tabela 2 (preços de venda) e dos valores do custo de distribuição todos para cada segmento, foi calculada a lucratividade em cada canal. Os resultados da simulação são mostrados na Tabela 4. Assim, obteve-se uma lucratividade total de aproximadamente R$650 mil.

Cenário 2 - Simulação com valores otimizados

Como foi possível observar o SBRF elaborado para o Modelo 1 apenas simulou os critérios de distribuição feitos pela Empresa. Por outro lado, o cenário da distribuição apresentava oportunidades de melhoria que, com a ajuda do gerente de distribuição (especialista do problema) e da ferramenta computacional de otimização matemática linear *Solver*, do *software Microsoft® Excel®,* resultaram em algumas alterações na base de regras proposta na seção Cenário 1 – Simulação do cenário real. Sendo assim, propôs-se uma nova base de regras, visando maiores receita e lucro:

1- Se o volume total é muito baixo, então os segmentos recebem: Grandes (volume muito baixo), Padarias (volume baixo), Domicílio (volume médio), Supermercados (volume muito baixo), Venda Institucional (volume muito baixo), Varejo (volume baixo).

2- Se o volume total é baixo, então os segmentos recebem: Grandes (volume muito baixo), Padarias (volume muito alto), Domicílio (volume alto), Supermercados (volume muito baixo), Venda Institucional (volume baixo), Varejo (volume médio).

3- Se o volume total é médio, então os segmentos recebem: Grandes (volume baixo), Padarias (volume muito alto), Domicílio (volume muito alto), Supermercados (volume baixo), Venda Institucional (volume médio), Varejo (volume alto).

4- Se o volume total é alto, então os segmentos recebem: Grandes (volume médio), Padarias (volume muito alto), Domicílio (volume muito alto), Supermercados (volume alto), Venda Institucional (volume médio), Varejo (volume muito alto).

5- Se o volume total é muito alto, então os segmentos recebem: Grandes (volume muito alto), Padarias (volume muito alto), Domicílio (volume muito alto), Supermercados (volume muito alto), Venda Institucional (volume alto), Varejo (volume muito alto).

O novo sistema *fuzzy,* desenvolvido no *Fuzzy Toolbox*™ do *software MatLab®,* é composto por essa nova base de regras, os mesmos conjuntos *fuzzy* de entrada e saída do modelo anterior (Cenário 1 – Simulação do cenário real), o método de inferência de Mamdani e *defuzzyficação* pelo centro de gravidade. O segundo modelo *fuzzy* gerou os valores de distribuição apresentados na Tabela 5.

Observa-se na Tabela 5, em comparação com a Tabela 1, que alguns segmentos tiveram aumento no volume distribuído em praticamente todos os meses, como o de domicílios e o de pequenos varejos, e outros que

Tabela 3 – Comparação dos volumes distribuídos no mês de abril (Tabela 1) e dados simulados ($x10^3$).

Segmento	Grandes redes	Padarias	Domicílios	Supermercados	Institucional	Varejo	Total
Dados reais	118,908	90,235	8,284	68,128	31,654	36,286	353,495
Dados simulados	118,0	89,3	8,5	68,1	29,4	36,7	350,0
Erro absoluto	0,908	0,935	0,216	0,028	2,254	0,414	3,495

sofreram baixas, como as grandes redes de supermercados. A partir desses volumes e custos de distribuição, foram calculadas as receitas e a lucratividade de cada mês por segmento (vide Tabela 6). A receita total obtida foi R$9,1 milhões. Porém, notou-se queda na receita obtida de alguns segmentos, sendo isso natural devido à diminuição de volume distribuído e elevação da receita diante de um maior volume, já que os custos não variaram.

A Tabela 6 mostra que a lucratividade total, com a nova distribuição proposta foi de aproximadamente, R$660 mil, ou seja, 1,5% maior que a receita do cenário real.

Cenário 3 - Lucratividade

Com a nova proposta de distribuição, identificou-se a necessidade de um modelo matemático para avaliar as soluções propostas para o problema. Com isso, foi feito um terceiro modelo, que atribui uma nota à distribuição realizada com o volume total disponível. Com auxílio do gerente de distribuição, bem como a aplicação da metodologia *Simplex* na ferramenta de otimização matemática linear *Solver*, do *Microsoft® Excel®*, foi elaborado um SBRF, tendo, como variáveis de entrada, os volumes distribuídos para cada um dos seis segmentos em estudo e como variável de saída uma "nota" avaliativa da lucratividade da distribuição proposta, o método de inferência de Mamdani e a *defuzzyficação* pelo centro de gravidade. Essa "nota" é chamada aqui de índice de lucratividade. Foi elaborada uma base de regras com trinta regras do tipo "*1. Se Grandes (volume muito alto), então (lucratividade é muito baixa); 2. Se Grandes (volume muito baixo), então lucratividade é media; 3. Se Supermercado (volume muito baixo), então lucratividade é media*".

A estrutura geral do modelo *fuzzy* é apresentada na Figura 4.

Os volumes para cada variável de entrada e para variável de saída Lucratividade são os subconjuntos *fuzzy*={*muito baixo, baixo, médio, alto, muito alto*}.

Elaborou-se uma rotina através do *software MatLab®* para simulações computacionais. Ao fim da elaboração do modelo de avaliação e posterior observação do comportamento dos dados, notou-se que, ainda com uma reformulação nas regras de distribuição, otimizando

Tabela 4 – Lucratividade aproximada de cada mês por segmento gerados pelo modelo *fuzzy*.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Grandes	11.436,8	11.975,5	13.502,1	13.065,9	13.880,5	13.261,3	12.426,3	13.662,5	13.384,8	13.710,1	13.575,9	13.297,7
Padarias	15.481,8	14.876,5	14.981,3	17.527,9	18.099,7	18.006,9	17.632,7	18.249,3	17.740,8	18.615,5	19.276,3	19.055,5
Domicilio	1.671,0	1.806,0	2.282,1	1.808,7	1.984,2	1.984,6	1.951,5	2.025,3	2.000,9	2.004,7	2.038,9	1.898,7
Supermercados	7.053,9	7.247,8	8.544,6	8.634,6	9.134,9	8.788,4	8.832,7	9.328,8	9.482,5	9.435,7	9.510,5	9.450,5
Institucional	5.146,1	5.003,2	8.328,1	6.314,1	6.068,0	5.947,2	5.411,2	6.028,7	5.512,9	5.875,0	5.486,7	5.198,5
Varejo	5.553,0	5.987,9	7.408,2	7.210,2	7.679,5	7.281,8	6.915,8	7.589,2	7.401,2	7.485,8	7.546,9	7.085,4

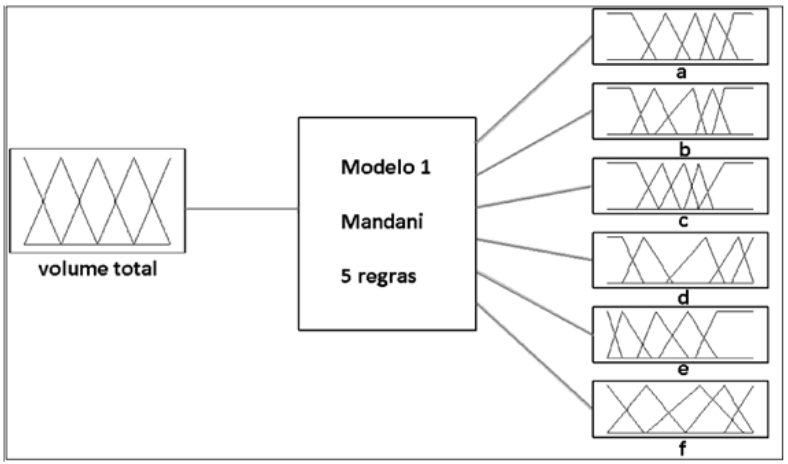

Figura 3 – Estrutura geral do SBRF para simulação do cenário atual (a = grandes, b = padarias, c = domicílio, d = supermercados, e = institucional, f = varejo).

sua lucratividade, a partir de alguns volumes totais de leite disponíveis, a lucratividade por litro diminui.

A simulação mostrou que, para elevados volumes, não seria economicamente interessante à Empresa distribuir o volume total de leite num dado mês para as grandes redes. Isto sugere que o aumento na receita não é compensatória diante dos custos logísticos para manter um nível de serviço elevado, como (a) flexibilidade de entrega (operações dedicadas de carga e descarga e em locais de difícil acesso e restrições de veículos acima de 4,5 ton, dificuldade de emissão de documentos eletronicamente), (b) menor *lead time*, o que implica em uma maior frequência de entrega com veículos de menor capacidade para abastecimento a essas grandes redes. Pela Figura 5 observa-se uma queda da lucratividade para volumes de venda acima de 345 mil litros de leite.

Isso ocorre porque o modelo *fuzzy* de distribuição otimizado (Modelo 2) prioriza os segmentos como mais rentáveis à Empresa, no caso o segmento Padaria, Institucional e o Pequeno Varejo. Esses, que parecem obter aumento elevado na receita por meio de altos preços de venda em relação a custos logísticos satisfatórios são os que contribuem mais significativamente para que a distribuição se torne lucrativa. Porém, como era esperado, a partir de certo volume, estes mercados são abastecidos com o máximo de suas capacidades ou os custos logísticos

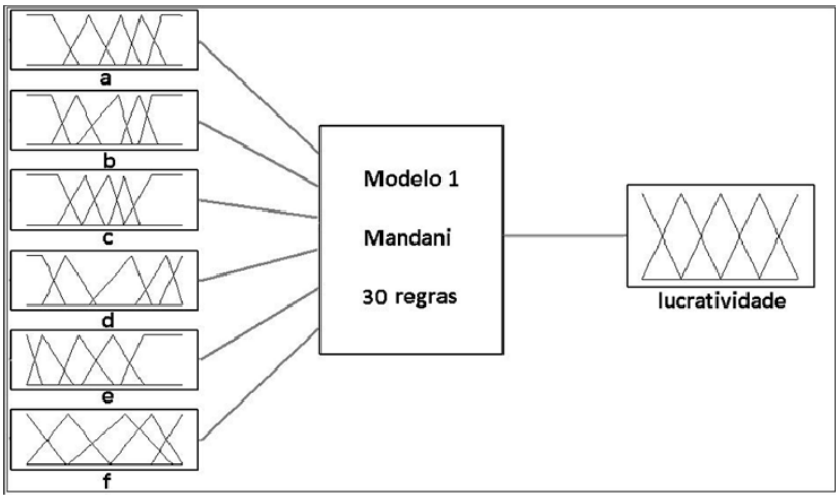

Figura 4 – Estrutura geral do SBRF (a= grandes, b=padarias, c=domicílio, d=supermercados, e=institucional, f=varejo).

Tabela 5 –Volumes da distribuição de leite baseada nas regras otimizadas (dados simulados).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Grandes	99.238	99.183	116.402	115.660	118.733	116.340	114.146	118.686	116.982	118.990	119.168	117.450
Padarias	78.000	78.000	91.937	91.848	91.932	91.930	91.956	91.937	91.991	91.907	91.889	92.024
Domicílio	7.988	7.991	9.294	9.169	9.385	9.285	8.833	9.386	9.362	9.376	9.370	9.403
Supermercados	52.042	52.010	62.523	60.265	69.013	62.310	57.108	69.017	64.940	68.991	68.974	67.589
Institucional	25.694	25.678	27.694	27.749	27.697	27.698	27.686	27.694	27.673	27.710	27.722	27.668
Varejo	31.580	32.534	36.652	36.625	36.651	36.651	36.656	36.652	36.663	36.644	36.639	36.666

Tabela 6 – Lucratividade obtida ao longo do ano com a distribuição otimizada.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Grandes	11.442	11.436	13.421	13.336	13.690	13.414	13.161	13.684	13.488	13.719	13.740	13.542
Padarias	16.091	16.091	18.967	18.948	18.966	18.965	18.970	18.967	18.978	18.960	18.957	18.985
Domicílio	1.933	1.934	2.249	2.219	2.271	2.247	2.138	2.271	2.266	2.269	2.268	2.275
Supermercados	7.208	7.203	8.659	8.347	9.558	8.630	7.910	9.559	8.994	9.555	9.553	9.361

tornam as entregas excedentes não compensatórias ao aumento da receita. Isto indica que, mesmo que o nível de serviço por meio de assistência ao cliente (ajuda na disposição dos produtos na gôndola) e as condições de atendimento ao suprimento do leite sejam maiores, ou seja, o valor percebido pelo cliente parece ser maior, os custos logísticos podem declinar. Ou seja, o aumento da receita parece não se elevar na mesma proporção que o nível de serviço oferecido ao cliente aumenta. Logo, resta apenas, além da entrega em domicílio, que possui baixíssimo limite máximo, os supermercados e as grandes redes. Estas, apesar de promover a alta presença de mercado dos produtos da Empresa, possuem os piores índices de lucratividade na venda do leite Tipo A.

4 CONCLUSÕES

O objetivo da pesquisa foi mostrar por meio de sistemas baseados em regras *fuzzy*, quais segmentos de mercado proporcionam melhores índices de lucratividade na venda do leite integral tipo A, levando em consideração o volume, o preço, custo (apenas informado pelo gerente de produção do produto para cada segmento). Os sistemas tiveram por objetivo auxiliar o gerente de produção, que participou conjuntamente com a equipe de pesquisadores, na elaboração das regras segundo critérios de distribuição de leite a diversos segmentos de mercado.

A pesquisa constituiu na elaboração de três modelos computacionais que permitiram ao gerente de produção avaliar suas tomadas de decisão, bem como aperfeiçoá-las, buscando a cada período uma melhora do lucro. A utilização e avaliação da distribuição com esses modelos mostraram, em análise de situações extremas, quais são as opções de um gerente de distribuição em casos de escassez ou excesso de produtos em estoque.

Neste caso, concluiu-se que o segmento de padaria se destacou como o mais lucrativo e ainda pode ser considerado um canal com boa visibilidade para os produtos lácteos, no caso o leite tipo A, segundo a visão do especialista. No entanto, este mercado é exigente no tocante à necessidade de reabastecimento desse produto ao longo do dia com o objetivo de atender aos consumidores finais com produtos mais frescos e sem a necessidade de manter estoques excessivos nas gôndolas.

Contudo, algumas limitações ainda não permitem a generalidade do modelo para casos distintos, ou de diferentes segmentos, pois o período avaliado, apesar de contemplar todas as etapas do ciclo de lactação (produção) do rebanho, não permitiu acompanhar se estes níveis de produção variam ano a ano, e quanto é essa variação. Além disso, variáveis qualitativas, que poderiam ser levadas em conta na análise conceitualmente, como presença de mercado e visibilidade nos segmentos varejistas, bem como percentual de devolução ou perda de leite em cada segmento, não foram incluídas. Isto mostra abertura de possibilidades para desenvolvimento dessa metodologia, considerando e avaliando mais variáveis qualitativas, ou mesmo trabalhando essas variáveis para o caso de outros produtos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 596p.



Figura 5 – Relação entre volume de leite total distribuído e lucratividade por litro.

BARROS, L.C.; BASSANEZI, R. C. **Introdução à teoria *fuzzy*:** aplicações em biomatemática. Campinas: Imecc-Unicamp, 2010. 48p.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial:** o processo de integração da cadeia de suprimento. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2007. 594p.

BOWERSOX, D. J.; COOPER, M. B. **Gestão logística de cadeia de suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006. 528p.

CAMPOS, D. F. Um estudo das percepções de gestores e clientes do serviço oferecido aos pequenos varejistas do setor alimentar**. Revista de Administração Makenzie**, São Paulo, v.9, n. 3, p. 85-114, 2008.

CASTANHO, M.J.P.; PEIXOTO, M.S. Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* no MatLab. In: **Primeiro Congresso Brasileiro de Sistemas *Fuzzy*.** Sorocaba, 2010. 44 p. Apostila.

CORREIA, L. F. et al. Custos de coleta de leite e avaliação da eficiência em indústrias de laticínios. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes,** Juiz de Fora**, v.** 67, n.388, p. 15-24, 2012.

CRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos:** criando redes que agregam valor**.** São Paulo: Thomson, 2007. 307p.

FLEURY, P. F., WANKE, P., FIGUEIREDO, K. F. **Logística Empresarial:** a perspectiva brasileira**.** São Paulo: Atlas, 2000. 376p.

FUJIMOTO, R. Y. **Diagnóstico automático de defeitos em rolamentos baseado em Lógica *Fuzzy*.** 2005. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
KLIR, G.; YUAN, B. ***Fuzzy* Sets and *Fuzzy* Logic**. New Jersey: Prentice-Hall PTR, 1995. 539p.

MENTZER, T. J.; GOMES, R.; KRAPFEL, R. E. Physical Distribution Service: A Fundamental Marketing Concept? **Journal of the Academy of Marketing Science**, New York, v.17, n. 1, p. 53-62, 1989.

PEIXOTO, M.S. **Sistemas dinâmicos e controladores *fuzzy*: um estudo da dispersão da morte súbita dos citros em São Paulo**. 2005. 208f. Tese (Doutorado em Matemática aplicada), IMECC-UNICAMP, Campinas, 2005.

PEIXOTO, M.S.; BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. Uma abordagem *fuzzy* para o modelo presa-predador acoplado ao parasitismo **TEMA**, Rio de Janeiro, v.8, n.1 p. 119-128, 2007.

PEIXOTO, M.S.; BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. Predator prey fuzzy model. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.214, n.1, p. 39-44, 2008a.

PEIXOTO, M.S.; BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. A model of cellular automata for the spatial and temporal analysis of citrus sudden death with the fuzzy parameter. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.214, n.1, p. 45-52, 2008b.

RAFELE, C. Logistic service measurement: a reference framework. **Journal of Manufacturing Technology Management,** Bingley, v. 24, n. 3, p. 280-290, 2004.

SANTOS, A. V. N.; FELIX, L. B; VIEIRA, J. G. V. Estudo da logística de distribuição física de um laticínio utilizando lógica *fuzzy*. **Revista Produção**, São Paulo, v.22, n. 4, p.576-583, 2012.

SIMATUPANG, T. M.; SRIDHARAN, R. The collaboration index: a measure for supply chain collaboration. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, Bingley, v. 35, n. 1, p. 44-62, 2005.

STANK, T. et al. Logistics service performance: estimating its influence on market share. **Journal of Business Logistics**, Malden, v.24, n.1, p.27-55, 2003.

VEREECKE, A; MUYLLE, S. Performance improvement through supply chain collaboration in Europe. **International Journal of Operations and Production Management**, Bingley, v. 26, n. 11, p. 1176-1198, 2006.

VIEIRA, J. G. V.; COUTINHO, D. P. Avaliação da colaboração logística entre uma distribuidora e seus fornecedores. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, Belo Horizonte, v.1, n.1, p. 53-68, 2008.

ZADEH, L.A. Fuzzy Sets. **Information and Control**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

ZADEH, L.A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, New York, v.1, n.1, p.28-44, 1973.