

Definição do mix de produção em uma indústria de lácteos com uso da programação linear: um estudo de caso

Linelson Y Castro (UFSC) - linelsonycastro@yahoo.com.br

Altair Borgert (UFSC) - altair@borgert.com.br

Flávia Renata de Souza (UFSC) - flarenatasouza@hotmail.com

Resumo:

O mercado de lácteos é competitivo e opera com margens baixas, o que torna vital para a sobrevivência das empresas uma eficaz gestão de custos. Por meio da programação linear, realiza-se um estudo de caso em uma indústria de produtos lácteos do interior do estado do RS na busca do mix de produção que gera a maior margem de contribuição possível, em um ambiente característico da produção conjunta com restrições produtivas, mercadológicas e de captação de matéria-prima. Há pelo menos uma restrição em cada produto, que pode limitar a receita da companhia. A margem de contribuição total obtida por meio da solução ótima é de R\$ 13.576.430,61, em comparação à alcançada atualmente pela empresa, R\$ 13.064.806,00, o que sugere possíveis melhorias no processo produtivo da empresa.

Palavras-chave: *Mix de produção. Indústria de lácteos. Programação linear. Margem de contribuição. Custos conjuntos.*

Área temática: *Métodos quantitativos aplicados à gestão de custos*

Definição do mix de produção em uma indústria de laticínios com uso da programação linear: um estudo de caso

Resumo

O mercado de laticínios é competitivo e opera com margens baixas, o que torna vital para a sobrevivência das empresas uma eficaz gestão de custos. Por meio da programação linear, realiza-se um estudo de caso em uma indústria de produtos laticínios do interior do estado do RS na busca do mix de produção que gera a maior margem de contribuição possível, em um ambiente característico da produção conjunta com restrições produtivas, mercadológicas e de captação de matéria-prima. Há pelo menos uma restrição em cada produto, que pode limitar a receita da companhia. A margem de contribuição total obtida por meio da solução ótima é de R\$ 13.576.430,61, em comparação à alcançada atualmente pela empresa, R\$ 13.064.806,00, o que sugere possíveis melhorias no processo produtivo da empresa.

Palavras-chave: Mix de produção. Indústria de laticínios. Programação linear. Margem de contribuição. Custos conjuntos.

Área Temática: Métodos quantitativos aplicados à gestão de custos.

1 Introdução

O produto laticínio tem grande importância para a economia nacional, ficando entre os produtos mais importantes na agropecuária brasileira à frente do café beneficiado e do arroz (EMPRAPA, 2015). Com isso, o setor desempenha um relevante papel econômico e social, com a geração de empregos de forma direta e indireta. Além de fatores econômicos, também há a importância nutritiva, já que o leite é um alimento largamente utilizado por crianças e adultos. O mercado neste ramo é competitivo e opera com margens baixas, o que torna importante para a sobrevivência das empresas uma eficaz gestão de custos. De acordo com o Milkpoint, *site* especializado em leite, há mais de 38 marcas de leite UHT no Brasil, um produto com rentabilidade baixa, mercado oscilante e associado à necessidade de bom desempenho no mercado e larga escala de produção (MILKPOINT, 2015).

O leite cru *in natura*, principal matéria-prima em uma indústria de laticínios, é composto por três componentes: matéria-gorda, sólidos não gordurosos e umidade. De acordo com Picinin et al. (2001), os percentuais de gordura do leite variam em função de diversos fatores (estágio de lactação, alimentação, raça do animal etc.). Oliveira e Timm (2006) complementam com a explicação de que o teor de gordura apresenta variações de acordo com a estação do ano, além de ocorrer uma relação negativa com a produção, já que o aumento no volume do leite produzido pelo animal leva a uma diluição da gordura.

Em uma indústria de laticínios, muito se discute qual seria o modelo de custeio ideal para a valoração desses componentes que servem como matéria-prima para a fabricação de produtos, uma vez que não há como adquiri-los separadamente junto a seus fornecedores, o que representa uma importante característica da produção conjunta. Observa-se esta temática no estudo de Carli et al. (2011), que teve por objetivo demonstrar a alocação de custos de produção e o direcionamento utilizado para mensurar o custo em uma indústria de laticínios.

A maioria dos produtos laticínios, como leite UHT e leite em pó utilizam um percentual menor de matéria gorda do que o leite cru *in natura* e outros como o creme leite UHT utilizam um percentual maior. Segundo Cogan (2013), custo conjunto é o custo de um único processo

que gera produtos simultaneamente, assim, produtos conjuntos são dois ou mais itens fabricados após o ponto de separação (ponto no qual os produtos conjuntos se tornam separados e identificáveis). Na produção conjunta, normalmente são gerados produtos para a venda aos clientes, porém no caso do presente estudo, a matéria-prima leite cru dá origem a outros componentes, consumidos internamente para a fabricação dos produtos acabados.

Como o leite cru é a principal matéria-prima em indústria de produtos lácteos, o impacto de seus componentes sobre o custo variável dos produtos mostra-se representativo, visto que a escolha de diferentes critérios de distribuição de custos conjuntos pode beneficiar alguns produtos e prejudicar outros. Para Cogan (2013), existe pelo menos uma restrição em cada produto, o que limita a receita da companhia. A restrição pode ser uma limitação interna da capacidade de produção, ou pode ser externa como uma restrição de pedidos de venda, limitações logísticas, ou disponibilidades materiais. Nesse caso não é diferente, uma vez que a programação linear é uma técnica matemática importante para solucionar problemas no mundo dos negócios.

Uma escolha não adequada pode vir a gerar uma baixa margem de contribuição ou até mesmo negativa de algum produto, com a distorção dos dados e decisões por parte dos administradores de reduzir ou até mesmo encerrar a fabricação de determinado item já que o mesmo não seria lucrativo. A questão que perdura nos produtos conjuntos é a alocação dos custos conjuntos aos produtos, uma vez que tais custos são indivisíveis, sem a identificação com nenhum dos produtos que emergem no ponto de separação (COGAN, 2013).

Diante do contexto apresentado, o problema da pesquisa consiste em: qual o mix de produtos que gera maior margem de contribuição de acordo com um critério de valoração dos componentes do leite cru em uma indústria de lácteos? A fim de solucionar tal problema de pesquisa, o artigo tem o objetivo geral de identificar qual o mix de produtos que gera a maior margem de contribuição de acordo com um critério de distribuição de custos conjuntos, diante de restrições produtivas, mercadológicas e de captação da matéria-prima.

O presente trabalho se justifica por identificar o melhor mix de produção em um cenário, com a identificação do impacto sobre a margem de contribuição total da organização. Bornia (2010) lembra que um dos objetivos do sistema de custeio é o auxílio à tomada de decisões. As mesmas informações que auxiliam o controle podem permitir importante ajuda para o planejamento da empresa. Além disso, decisões como terceirização de itens, retirada de produtos do mercado e compra de equipamentos, entre outras, encontram grande apoio em informações de custos.

2 Custos conjuntos, programação linear e definição do mix de produtos

A gestão eficaz de custos é importante para geração de informações que dão base para os gestores na tomada de decisões. Santos (2011) destaca que o problema de formular os programas mais lucrativos de produção e composições de matérias-primas é essencialmente o do lucro em relação a diversos fatores limitadores. A programação linear é uma ferramenta para a otimização de resultados, que leva em conta certas restrições existentes no sistema. Consiste em uma técnica matemática desenvolvida após a segunda guerra mundial para resolver problemas logísticos militares, que com avanço tecnológico pode ser utilizada na gestão empresarial por empresas de todos os portes com o uso do suplemento Solver do *software* Microsoft Excel.

Segundo Peleias et al. (2004), a produção ou prestação de serviços envolve elementos relativos ao resultado final a ser alcançado, materiais requeridos, recursos utilizados e as restrições apresentadas. A existência e a convivência desses diversos elementos trazem complexidade ao processo decisório e a escolha do mix operacional baseada apenas na sensibilidade ou experiência profissional pode não oferecer o melhor resultado ou comprometer

o desempenho esperado. Com isso, os gestores devem considerar o uso de instrumentos de gestão mais refinados, e uma alternativa é a pesquisa operacional por meio da programação linear.

Conforme destacam Corrar, Theófilo e Bergmann (2004), diversos tipos de problemas em contabilidade e finanças podem ser modelados com o uso da programação linear, tais como: decisões de investimentos, fluxos de caixa, orçamentos de capital, mix de produção, políticas de estoques etc. Decisões empresariais devem ser tomadas em relação a qual combinação de recursos resulta em um resultado ótimo, como: qual deve ser o mix de produtos a serem fabricados para atingir a maior margem de contribuição total.

Na visão de Scalabrin et al. (2006), a programação linear é em um campo mais vasto, denominado programação matemática, uma das variáveis de aplicação generalizada para apoio à tomada de decisão. O termo “programação” deve ser entendido como planejamento e a qualificação “linear” pressupõe que as relações matemáticas utilizadas são funções lineares.

De acordo com Corrar, Theófilo e Bergmann (2004), os problemas de programação linear se caracterizam por apresentar três elementos fundamentais: as variáveis de decisão, a função-objetivo e as restrições. O primeiro elemento refere-se às decisões a serem tomadas, com vistas a encontrar a solução do problema. A função objetivo é uma expressão matemática por meio do qual relacionam-se as variáveis de decisão e o objetivo a ser alcançado, o resultado é chamado de solução ótima. As restrições são limitações impostas sobre os possíveis valores que podem ser assumidos pelas variáveis de decisão.

Cardoso (2005) lembra que existem restrições que não são quantificáveis, como a motivação dos funcionários. Apesar de não serem observadas por meio da programação linear, devem ser consideradas pelos gestores conjuntamente com os resultados para a tomada de decisões. Langaray e Beuren (2014) lembram que no intuito de avançar um pouco mais no uso da programação linear, é importante definir e desenvolver conceitos matemáticos, com início pelo conceito de linearidade. Programação linear é um modelo matemático de otimização no qual todas as funções são lineares. Isso determina que cada variável que aparece na formulação do problema está na forma: $K.X$, onde: K representa uma constante e X uma determinada variável.

A técnica matemática da programação linear está alinhada com o modelo de otimização de resultados da contabilidade dos ganhos da teoria das restrições (TOC). Cogan (2004) comprova em seu artigo que ambas as metodologias apresentam resultados idênticos, em que comparam-se somente os modelos de determinação do mix ótimo. Cabe destacar que a programação linear é uma ferramenta e a TOC é uma filosofia mais ampla, portanto não podem ser consideradas equivalentes.

Nas indústrias de lácteos há, ainda, o problema dos custos conjuntos. Para Martins (2008), em muitas organizações de produção contínua existe o fenômeno da Produção Conjunta, que é o aparecimento de diversos produtos a partir da mesma matéria-prima, como é o caso do tratamento industrial da quase totalidade dos produtos naturais na agroindústria: aparecimento de óleo, farelos (a partir da soja); ossos, diferentes tipos de carnes (a partir do boi). Na questão dos custos conjuntos, qualquer critério de distribuição dos custos aos itens é subjetivo, já que não há forma de relacionamento direto, porém, é preciso escolher algum critério. Bornia (2010) destaca que como a contabilidade financeira necessita saber os custos de cada produto, os sistemas acabam incorporando algum critério de distribuição dos custos conjuntos.

A definição do melhor critério de distribuição mostra-se complexa. De acordo com Martins (2008), este problema é mais difícil de ser resolvido que a apropriação dos custos indiretos aos diversos produtos fabricados. Para estes existem alguns critérios que, apesar de conterem certa arbitrariedade, implicam o uso de algum tipo de análise quanto ao relacionamento entre custos e produtos, como horas-máquina, valor da mão-de-obra direta,

tempo total de execução.

O estudo de Carli et al. (2011), realizado no Laticínio Boa Esperança, teve a finalidade de descrever como ocorre a distribuição dos custos conjuntos aos produtos gerados nas etapas iniciais, com destaque à informação que a apuração de custos em empresa com produção conjunta é mais complexa em relação às que não possuem tal característica. Constatou-se que os administradores não conheciam o critério de custeio utilizado, apresentados indevidamente na pesquisa todos os custos (diretos e indiretos) como custos conjuntos, com a realização do rateio pelo critério da receita total de cada produto.

Por sua vez, o estudo de Zonatto et al. (2013) teve como objetivo central investigar a adoção de práticas de gestão de custos conjuntos por indústrias de laticínios localizadas na região sudoeste do estado do Paraná, com a realização de uma pesquisa exploratória com amostra de 43 organizações. Deste total, 23 empresas fabricavam apenas um produto, com pouca importância aos custos conjuntos e as empresas restantes fabricavam em média quatro produtos, onde se atribuía muita importância aos custos conjuntos. Observa-se que o método de valor de mercado é o mais comum na distribuição dos mesmos. As informações relacionadas à produção conjunta eram utilizadas para três finalidades: formação do preço de venda, apuração de resultado e a tomada de decisão.

Na pesquisa de Miranda, Martins e Faria (2006), buscou-se verificar a aplicabilidade da programação linear juntamente com o método de custeio variável na busca do mix de produção que maximize o resultado, ao se considerar o fenômeno da produção conjunta na empresa denominada “Laticínio Triângulo”, em um ambiente com várias restrições. Foi criticada a utilização do custeio por absorção para fins gerenciais em função da arbitrariedade no rateio dos custos fixos, com ausência de correlação adequada entre os gastos fixos e o volume produzido no longo prazo. Assim, optou-se pela utilização do custeio variável e o consequente uso do conceito de margem de contribuição, em razão da nítida relação de causa e efeito entre os custos e as unidades produzidas. O trabalho destaca que em alguns períodos do ano a matéria-prima pode ser insuficiente, o que sugere a utilização da margem de contribuição por fator limitante, obtida por meio da divisão da margem de contribuição unitária pelo consumo unitário do fator limitante, no caso o leite cru in natura. Essa linha de pensamento também está presente na contabilidade dos ganhos da teoria das restrições (TOC), porém como já destacado anteriormente, esta é uma filosofia de produção mais ampla.

Miranda, Martins e Faria (2006) demonstraram que, apesar do Queijo Mussarela apresentar a maior margem de contribuição unitária, a “Laticínio Triângulo” deveria incentivar a venda do Queijo Ricota Fresca, que tinha a maior margem de contribuição por fator limitante. Com a utilização da programação linear, suplemento do Solver, do Microsoft Excel encontrou-se o mix de produtos que aumentou a margem de contribuição da empresa, além de apresentar possíveis alterações que poderiam melhorar o resultado por meio da análise de sensibilidade.

Um das características em comum dentre os estudos analisados é a arbitrariedade e subjetivismo na escolha do critério de distribuição dos custos conjuntos, com ausência de um critério perfeito, assim como no rateio dos custos indiretos aos produtos. Como não é possível definir quais os custos que estão relacionados com cada um dos produtos, cada empresa deve analisar qual a melhor forma de avaliar os estoques de acordo com as características do negócio, que devem ser consideradas nas tomadas de decisões.

3 Procedimentos metodológicos

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo de caso com uma pesquisa exploratória, de caráter qualitativo e quantitativo em uma indústria de produtos lácteos do interior do estado do RS. Os sólidos não gordurosos e a umidade foram agrupados, chamados de leite desnatado 0% de gordura, formando assim com a matéria gorda 100% os dois

componentes do leite cru. A partir deste cenário compara-se o efeito no custo variável dos produtos acabados da organização. De acordo com Bornia (2010), os custos variáveis estão intimamente relacionados com a produção, crescem em função do aumento do nível de atividade da empresa, tais como a matéria-prima.

A análise dos dados quantitativos ocorre com auxílio do suplemento Solver, do Excel. Com as quantidades de matéria-prima e o custo das mesmas, coletados na observação *in loco*, calcula-se a margem de contribuição de cada produto. Assim, definem-se as restrições do sistema, que podem limitar a quantidade produzida de cada item.

Com o objetivo de maximizar a margem de contribuição total da empresa, aplica-se a função “maximizar valores” do Solver à célula correspondente à soma das margens de contribuição totais de cada produto, a qual utiliza a quantidade produzida multiplicada pela margem de contribuição unitária como células variáveis que sofrem alterações. Respeitam-se os critérios de estabelecimento dos limites superior e inferior para a quantidade produzida, para que não haja valores negativos e sejam respeitadas as restrições de produção máxima de cada produto. Por meio da aplicação do Solver, objetiva-se a maximização da margem de contribuição, assim, obtém-se um novo mix de produção para a empresa em análise.

Após a otimização dos dados, define-se o mix de produção que permite identificar a melhor combinação de produtos e quantidades para a empresa, dentro das óticas utilizadas. Por fim, o sistema de produção que apresentar a maior margem de contribuição total, consiste no melhor sistema de produção para a empresa, de acordo com as variáveis abordadas no estudo.

O presente trabalho delimita-se nas formas de valoração dos componentes do Leite Cru e seu impacto no custo dos materiais (direto e variável) de uma indústria de lácteos do RS durante o último trimestre de 2014, com a utilização da programação linear para definição do mix de produção que gere a maior margem de contribuição. Não é conhecida a elasticidade da demanda em relação ao preço de venda dos produtos, uma vez que utiliza-se a média realizada do período de estudo. Também, não é conhecida a variação no custo da matéria-prima no caso hipotético de aumento do volume captado em fornecedores alternativos.

De acordo com a solicitação da empresa, a sua razão social não é informada e os valores foram indexados, porém com a manutenção da proporção original. Outros tipos de custos, como critérios de rateio dos custos indiretos de fabricação ou gastos gerais de fabricação não são analisados.

4 Apresentação e análise dos dados

A principal matéria-prima de uma indústria de lácteos é o leite *in natura*, também denominado leite cru por não ter passado por nenhum processo de industrialização. É o item recebido de produtores rurais ou de cooperativas diretamente na unidade industrial ou transferido por postos de captação. Estes postos, filiais da organização objeto de estudo, localizados estrategicamente, no caso em que os fornecedores estão distantes da indústria, destaca-se que é necessário que o leite cru seja refrigerado para evitar que se tenha redução na qualidade da matéria-prima ou mesmo uma perda. A coleta é realizada por meio de caminhões com tanques isotérmicos, visto que a temperatura ideal de resfriamento é de 4° C até a chegada na unidade industrial,

O leite *in natura* é composto por: matéria gorda, sólidos não gordurosos (proteína, lactose e minerais) e umidade (água). Para fins de pesquisa e alinhamento com o controle de estoque/custeio da organização, consideram-se os sólidos não gordurosos e umidade como um único item denominado Leite Desnatado 0% de Gordura.

A quantidade de matéria gorda no volume de leite, que pode variar por diversos fatores, na empresa e no período estudado obteve o percentual médio de 3,6%. No momento da recepção do leite na unidade industrial retiram-se amostras para verificar a qualidade da matéria prima,

que é liberada ou não para a descarga dos caminhões nos silos (tanque de estocagem industrial) e consequente processamento.

Após o recebimento do leite, há um processo industrial de desnate que ocorre em um equipamento chamado desnatadeira, onde ocorre o ponto de separação, que gera a matéria gorda e o leite desnatado 0% gordura, visto que tais itens serão consumidos de acordo com a necessidade para a fabricação de determinados produtos. Assim, realiza-se a padronização do teor de gordura do leite, onde o leite integral tem 3%, o desnatado 0,3% e o semidesnatado 1% de matéria gorda em seu volume.

Em sequência, realiza-se a pasteurização, onde o leite é submetido a uma alta temperatura seguida de uma baixa temperatura, processo ocorrido em um equipamento chamado de pasteurizador. Essa variação de temperatura visa garantir que o leite fique livre de bactérias e para que seja conservado por mais tempo.

Há também outros materiais diretos consumidos como embalagem, açúcar, estabilizante, fermento, amido, aromas, entre outros, denominados Outros Materiais Diretos e que não são classificados como custos conjuntos para posterior envase nas embalagens individuais. Assim, o custo direto de produção é composto por Matéria Gorda, Leite Desnatado 0% de Gordura e Outros Materiais Diretos.

A unidade industrial fabrica diversos tipos de produtos de diversas marcas e tamanhos, com diferentes teores de gordura. Desta forma, os mesmos foram agrupados em oito categorias, apresentadas no Quadro 1 com as respectivas quantidades unitárias de matéria-prima necessárias para fabricar uma unidade do produto. No passado, a organização chegou a terceirizar a produção de um item por analisar que seria uma opção mais vantajosa, o que não acontece no período analisado. Assim, uma mensuração mais acurada dos custos dos produtos é fundamental para a obtenção de informações de qualidade para a tomada de decisão.

Quadro 1 – Quantidade de matéria-prima utilizada pelos produtos

PRODUTO	Unidade	Quantidade de matéria-prima (Litros)	
		Leite Desnatado 0% Gordura	Matéria Gorda 100%
Achocolatado	L	0,2022	0,0251
Creme a Granel	KG	0,5800	0,4200
Creme de Leite UHT	KG	0,8066	0,2004
Leite UHT Desnatado	L	0,9963	0,0030
Leite UHT Integral	L	0,9693	0,0300
Leite UHT Semidesnatado	L	0,9893	0,0100
Leite em Pó Desnatado	KG	11,5896	0,0347
Leite em Pó Integral	KG	8,3255	0,2648

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa (2015)

4.1 Custos conjuntos e custos diretos

O custo unitário apurado do litro do leite cru in natura (matéria-prima antes do ponto de separação) foi de R\$ 0,8910, que corresponde à média do período base de estudo. Após o ponto de separação, é necessária a escolha de um critério de distribuição de custos conjuntos para a valoração do leite desnatado 0% e da matéria gorda 100%.

A empresa aplica comumente o Método das ponderações, em que se atribuiu pesos a cada item de distribuição dos custos. Martins (2008) destaca que é uma forma também subjetiva, capaz de fornecer bons resultados, em que se pode separar cada coproduto em termos de grau de dificuldade, importância, facilidade de venda etc. Para fins de utilização pela empresa, define-se que a matéria gorda 100% vale 4,85 vezes o valor do leite cru in natura, de acordo com o volume dos sólidos, conforme demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Demonstrativo da distribuição dos custos conjuntos por meio do método das ponderações

Leite In Natura			Leite Desnatado 0%			Matéria Gorda 100%		
QTD (L)	Custo Unitário	Custo Total	QTD (L)	Custo Unitário	Custo Total	QTD (L)	Custo Unitário	Custo Total
1	0,8910	0,8910	0,964	0,7629	0,7355	0,036	4,3215	0,1556

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa (2015)

O custo unitário da matéria gorda é o custo do leite cru in natura (R\$ 0,8910) x 4,85, ou seja, R\$ 4,3215. Do volume total do leite cru in natura, a matéria gorda representa 3,6% (0,036 litros), chega-se assim em um custo total de R\$ 0,1556 por litro de tal item. Pela diferença do custo total (R\$ 0,8910 – R\$ 0,1556) e de quantidade (1 – 0,036) do leite e da matéria gorda, definem-se os valores do Leite Desnatado 0% e o respectivo custo unitário.

Com a definição do custo dos dois itens e o acréscimo do custo de Outros Materiais Diretos, apura-se o custo unitário (R\$) de uma unidade de cada produto, apresentado no Quadro 3. Os produtos da linha Leite em Pó são os que apresentam custo unitário mais elevado, justamente por utilizarem em sua formulação a maior quantidade de leite.

Quadro 3 – Apuração do custo direto unitário dos produtos

PRODUTO	Unidade	Leite Desnatado 0% Gordura	Matéria Gorda 100%	Outros Materiais Diretos	Custo Direto Unitário
Achocolatado	L	0,1542	0,1086	1,1132	1,3760
Creme a Granel	KG	0,4425	1,8150	-	2,2575
Creme de Leite UHT	KG	0,6154	0,8660	0,7300	2,2114
Leite UHT Desnatado	L	0,7601	0,0130	0,3011	1,0741
Leite UHT Integral	L	0,7395	0,1296	0,3120	1,1811
Leite UHT Semidesnatado	L	0,7547	0,0432	0,3079	1,1058
Leite em Pó Desnatado	KG	8,8419	0,1498	0,0914	9,0831
Leite em Pó Integral	KG	6,3517	1,1444	0,0916	7,5877

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa (2015)

Em sequência, no Quadro 4, foi realizado o levantamento da Receita Operacional Líquida (ROL) média unitária que, deduzida dos custos diretos unitários, resulta na Margem de Contribuição (MC) unitária de cada produto expressa em reais (R\$). Considera-se que eventuais despesas variáveis como frete ou comissões são embutidas no preço de venda, desta forma não alteram a margem de contribuição.

Quadro 4 – Apuração da margem de contribuição unitária dos produtos

PRODUTO	Unidade	ROL Unitária	Custo Direto Unitário	Margem de Contribuição Unitária	Margem de Contribuição %
Achocolatado	L	2,3851	1,3760	1,0091	42,31%
Creme a Granel	KG	2,8140	2,2575	0,5565	19,78%
Creme de Leite UHT	KG	3,5653	2,2114	1,3538	37,97%
Leite UHT Desnatado	L	1,6605	1,0741	0,5864	35,31%
Leite UHT Integral	L	1,7765	1,1811	0,5954	33,52%
Leite UHT Semidesnatado	L	1,7285	1,1058	0,6227	36,02%
Leite em Pó Desnatado	KG	12,8000	9,0831	3,7169	29,04%
Leite em Pó Integral	KG	11,5000	7,5877	3,9123	34,02%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa (2015)

Observa-se que o Achocolatado é o produto com a margem de contribuição percentual, pois é o que utiliza menos leite em sua formulação, e o mercado aceita um valor de venda superior aos outros itens. Por outro lado, Creme a Granel tem a menor margem de contribuição percentual, já que é o produto que mais utiliza Matéria Gorda 100% e é frequentemente vendido apenas para aproveitamento do excesso de matéria-prima em estoque por um baixo valor de venda, o que evita a perda.

Os produtos da linha de Leite UHT têm uma MC percentual intermediária em relação aos demais, explicável pela alta demanda do mercado que força a baixa dos preços. Atacadistas e varejistas costumam realizar promoções destes produtos com vistas a atrair o consumidor final a seus estabelecimentos, além do fato de que grandes redes barganham preços reduzidos em função do alto volume comprado.

4.2 As variáveis de decisão

Como o objetivo é maximizar a margem de contribuição total (MCT), as variáveis de decisão são as quantidades (QTD) que devem ser fabricadas de cada produto: Achocolatado (1), Creme a Granel (2), Creme de Leite UHT (3), Leite UHT Desnatado (4), Leite UHT Integral (5), Leite UHT Semidesnatado (6), Leite em Pó Desnatado (7) e Leite em Pó Integral (8).

4.3 A função objetivo

A expressão matemática para resultar na solução ótima da margem de contribuição total (MCT) é quantidade a ser fabricada (QTD), multiplicada pela margem de contribuição unitária de cada item (MCun), de acordo com o critério de distribuição de custos conjuntos:

$$MCT = QTD(1) \times 1,0091 + QTD(2) \times 0,5565 + QTD(3) \times 1,3538 + QTD(4) \times 0,5864 + QTD(5) \times 0,5954 + QTD(6) \times 0,6227 + QTD(7) \times 3,7169 + QTD(8) \times 3,9123$$

O número entre parênteses em cada termo da equação corresponde aos produtos analisados: Achocolatado (1), Creme a Granel (2), Creme de Leite UHT (3), Leite UHT Desnatado (4), Leite UHT Integral (5), Leite UHT Semidesnatado (6), Leite em Pó Desnatado (7) e Leite em Pó Integral (8).

4.4 As restrições

Para a utilização da programação linear identificaram-se as restrições do sistema, que podem ser separadas em três grupos: de captação de matéria-prima (leite cru in natura), de produção e de mercado. Além dessas, foram utilizadas restrições de números inteiros e não negativos, já que as quantidades produzidas (variáveis de decisão) devem maiores ou iguais a zero.

4.4.1 Restrição de Captação de Matéria-Prima

A captação do leite cru in natura é a primeira restrição do sistema pois há diversos concorrentes no mercado na tentativa de conquistar novos fornecedores, além do fato de que a produção de cada produtor varia mês a mês. O volume médio no período estudado que a empresa é capaz de captar dos produtores, sem que ocorra aumento significativo no custo de aquisição, é de 22 milhões de litros mensais.

4.4.2 Restrições de Produção

A unidade é capaz de processar 30.000.000 de litros de leite mensais, porém há restrições de acordo com a linha de produção. A linha Flex, que produz Achocolatado e Creme

de Leite UHT, é capaz de processar (transformar) 1.440.000 litros de leite cru. A linha de Leite UHT pode processar 14.440.000 e podem ser processados até 30.000,00 de litros de Creme a Granel em um mês, de acordo com os turnos de trabalho e capacidade da planta industrial.

A linha de Leite em Pó é capaz de processar até 15.000.000 de litros em um mês, o que resulta em uma produção máxima de cerca de 1.294.269 Kg de Leite em Pó Desnatado ou 1.801.694 Kg de Leite em Pó Integral.

Quadro 5 – Capacidade de processamento de leite por linha de produção

PRODUTO	Linha	Quantidade de Litros
Achocolatado	Flex	1.440.000
Creme de Leite UHT		
Leite UHT Desnatado	Leite UHT	14.400.000
Leite UHT Integral		
Leite UHT Semidesnatado		
Leite em Pó Desnatado	Leite em Pó	15.000.000
Leite em Pó Integral		
Creme a Granel	Creme	30.000.000

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa (2015)

O Quadro 5 apresenta a capacidade máxima de processamento de cada produto separadamente. Para a definição do mix de produção, haverá uma combinação da capacidade produtiva total, atribuída a cada item a fim de que se alcance a função objetivo, que é a maximização da margem de contribuição total da empresa.

4.4.3 Restrições de Mercado

Embora consiga captar e produzir certas quantidades, a empresa ainda está sujeita a limitações da quantidade que o mercado é capaz de absorver, de acordo com o preço médio do período. Cabe destacar que uma das limitações desta pesquisa é que não se conhece a elasticidade da demanda, ou seja, quanto a restrição de mercado aumentaria ou diminuiria em função da alteração dos preços de venda.

De acordo com os dados fornecidos, a restrição de cada produto é apresentada no Quadro 6:

Quadro 6 – Demanda do mercado no preço calculado por produto

PRODUTO	Unidade	Quantidade
Achocolatado	L	642.766
Creme a Granel	KG	975.827
Creme de Leite UHT	KG	1.020.876
Leite UHT Desnatado	L	1.953.422
Leite UHT Integral	L	13.871.901
Leite UHT Semidesnatado	L	1.731.467
Leite em Pó Desnatado	KG	701.363
Leite em Pó Integral	KG	1.237.332

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa (2015)

O Quadro 6 demonstra a quantidade média absorvida pelo mercado mensalmente. Além das outras restrições já apresentadas, o desenvolvimento da solução ótima deve levar em conta estes fatores.

4.5 A solução ótima

Para encontrar a solução ótima do problema proposto, os dados foram tabulados em uma planilha do Microsoft Excel, o que possibilitou a utilização do suplemento Solver. No software, o campo “Definir objetivo” foi direcionado para a célula que representa a somatória da margem de contribuição total de cada produto, com vistas a maximizar a expressão matemática apresentada no item 4.3. Por sua vez, no campo “Alterando células variáveis”, foi selecionado o intervalo com as quantidades máximas possíveis de ser fabricadas de cada produto, além de marcar a opção de tornar essas variáveis irrestritas como não negativas.

A restrição de captação de leite cru in natura (item 4.4.1), as restrições de produção apresentadas no Quadro 5, a restrição de números inteiros para as células variáveis e as restrições de mercado, demonstradas no Quadro 6, foram incluídas no campo “Sujeito às restrições”. Foi utilizado o método LP Simplex, mecanismo do solver para problemas lineares e executado o comando “Resolver”. Desta forma, a solução ótima encontrada para o mix de produção é apresentada no Quadro 7.

Quadro 7 – Solução ótima do mix de produção que gera a maior margem de contribuição

PRODUTO	Unidade	Quantidade	Margem de Contribuição Unitária	Margem de Contribuição Total	%
Achocolatado	L	642.765	1,0091	648.618,72	4,8%
Creme a Granel	KG	4	0,5565	2,23	0,0%
Creme de Leite UHT	KG	1.020.876	1,3538	1.382.099,12	10,2%
Leite UHT Desnatado	L	908.492	0,5864	532.729,12	3,9%
Leite UHT Integral	L	11.770.850	0,5954	7.008.313,78	51,6%
Leite UHT Semidesnatado	L	1.731.466	0,6227	1.078.132,95	7,9%
Leite em Pó Desnatado	KG	-	3,7169	-	0,0%
Leite em Pó Integral	KG	748.033	3,9123	2.926.534,68	21,6%
TOTAL		16.822.486		13.576.430,61	100,0%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa (2015)

O resultado apurado define que o Leite UHT Integral deve ser o item com maior produção, e gera a maior margem de contribuição total, com R\$ 7.008.313,78, o que representa 51,6% da margem de contribuição total. Apesar de não ter a maior margem unitária ou percentual, este produto tem uma grande demanda de mercado, capaz de explicar sua posição de destaque.

O Leite em Pó Integral obteve a segunda maior margem de contribuição total, com a representatividade de 21,6% do total, mostra-se mais lucrativo que o Leite em Pó Desnatado (outro item produzido na mesma linha de produção). Tal item tem a maior margem de contribuição unitária, entretanto, utiliza uma grande quantidade de matéria-prima em sua formulação, uma das principais restrições encontradas e que pode ser visualizado no Quadro 8 que apresenta o volume de matéria-prima utilizada. Cabe destacar que na solução ótima obtida foram utilizados os 22 milhões litros de leite, descritos como limite de captação de matéria-prima, sem sobra de saldo em estoque.

Quadro 8 – Volume de matéria-prima utilizado por cada produto na solução ótima

PRODUTO	Leite Desnatado 0% (L)	Matéria Gorda 100% (L)	VOLUME TOTAL	%
Achocolatado	129.944	16.150	146.094	0,7%
Creme a Granel	2	2	4	0,0%
Creme de Leite UHT	823.474	204.586	1.028.059	4,7%
Leite UHT Desnatado	905.085	2.725	907.811	4,1%
Leite UHT Integral	11.408.896	353.126	11.762.022	53,5%
Leite UHT Semidesnatado	1.712.853	17.315	1.730.167	7,9%
Leite em Pó Desnatado	-	-	-	0,0%
Leite em Pó Integral	6.227.745	198.097	6.425.843	29,2%
TOTAL	21.208.000	792.000	22.000.000	100,0%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa (2015)

De acordo com o Quadro 8, praticamente não há produção de Creme a Granel e Leite em Pó Desnatado, os dois produtos com menor margem de contribuição percentual. Por sua vez, o Achocolatado, Creme de Leite UHT e Leite UHT Semidesnatado (os três itens com maior margem de contribuição percentual) alcançaram a quase totalidade da demanda dos clientes, conforme o Quadro 9, que apresenta a quantidade encontrada na solução ótima em relação a restrição do mercado.

Quadro 9 – Quantidade da solução ótima versus a restrição de mercado

PRODUTO	UNM	Quantidade a produzir	Restrição de Mercado	%
Achocolatado	L	642.765	642.766	100,0%
Creme a Granel	KG	4	975.827	0,0%
Creme de Leite UHT	KG	1.020.876	1.020.876	100,0%
Leite UHT Desnatado	L	908.492	1.953.422	46,5%
Leite UHT Integral	L	11.770.850	13.871.901	84,9%
Leite UHT Semidesnatado	L	1.731.466	1.731.467	100,0%
Leite em Pó Desnatado	KG	-	701.363	0,0%
Leite em Pó Integral	KG	748.033	1.237.332	60,5%
TOTAL		16.822.486	22.134.953	76,0%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa (2015)

Nota-se, no Quadro 9, que a solução em relação à restrição de mercado não responde às necessidades de demanda de todos os produtos. As linhas de Achocolatado, Creme de Leite e Leite Desnatado podem ser produzidas a fim de atender ao mercado, de acordo com a solução ótima proposta nas análises. O Quadro 10 demonstra as quantidades de matéria-prima empregadas na solução ótima, em relação às restrições.

Quadro 10 – Volume de matéria-prima utilizada na solução ótima versus a restrição de produção por linha

PRODUTO	Linha	Realizado (L)	Restrição Produção (L)	%
Achocolatado	Flex	1.174.153	1.440.000	81,5%
Creme de Leite UHT				
Leite UHT Desnatado	Leite UHT	14.400.000	14.400.000	100,0%
Leite UHT Integral				
Leite UHT Semidesnatado				
Leite em Pó Desnatado	Leite em Pó	6.425.843	15.000.000	42,8%
Leite em Pó Integral				
Creme a Granel	Creme	4	30.000.000	0,0%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa (2015)

Ao analisar as restrições de produção apresentadas no Quadro 10, verifica-se que a linha de produção do Leite UHT atingiu sua capacidade máxima de processar 14,4 milhões de litros de leite. Dentre os produtos desta linha, o Leite UHT Desnatado não atingiu nem metade da oferta de mercado e o Integral ainda possui mercado para venda. A linha de Creme praticamente não usa a capacidade produtiva, visto que não é vantajoso, pois é vendido em casos esporádicos quando há sobra de matéria gorda.

Observa-se que a linha Flex atingiu 81,5% de sua capacidade de processamento, de 1,44 milhões de litros de leite. Contudo, os dois itens fabricados não possuem mais mercado para ser vendido no preço previsto. A linha de Leite em Pó processaria 42,8% de sua capacidade devido ao Leite em Pó Desnatado gerar menos margem de contribuição que os outros produtos no resultado da simulação com as restrições propostas.

5 Considerações finais

O objetivo do trabalho de identificar o mix de produtos gera a maior margem de contribuição de acordo com um critério de distribuição de custos conjuntos foi alcançado, demonstrando que ferramentas estatísticas como a Programação Linear podem auxiliar os administradores na tomada de decisões. Assim como o estudo de Miranda, Martins e Faria (2006), verifica-se que a utilização isolada do custeio variável não é suficiente para definir o mix de produção ideal em um ambiente sujeito a restrições, e mostra-se necessário o auxílio do suplemento Solver do Excel para definir uma margem de contribuição de R\$ 13.576.430,61, cerca de 4% superior à alcançada no pela empresa de R\$ 13.064.806,00, sem alterações nas capacidades limitadoras do sistema. No trabalho de Scalabrin et al. (2006), constatou-se que a organização poderia aumentar o faturamento em 15,07% e lucro líquido em 24,71% somente com a otimização dos recursos, por meio da programação linear, o que reforça a utilidade de tal técnica para a gestão das empresas.

Na solução ótima proposta nas análises, verifica-se que algumas restrições podem ser quebradas para maximizar a margem de contribuição da organização. A Linha UHT atinge sua capacidade máxima de processamento de leite, o que sugere uma expansão da planta produtiva, visto que há mercado para esse acréscimo de produção. Os resultados evidenciam também o aumento da demanda do Achocolatado e do Creme de Leite UHT, dois produtos da Linha Flex, que possui capacidade ociosa de produção, visto que são os dois itens com maior margem de contribuição percentual. Uma possível tomada de decisão, com base nos resultados, é o aumento da captação de matéria-prima, com ampliação da estrutura da fábrica para que seja capaz de receber mais 8 milhões de litros de leite por mês.

O volume médio de matéria gorda 100% no leite cru in natura, na indústria e no período analisado, foi de 3,6%. A maioria dos produtos possuem um percentual menor que o obtido de matéria gorda em sua composição, com exceção do Creme a Granel e do Creme de Leite UHT. O estudo constatou que a sobra de matéria gorda gerada pela fabricação dos produtos deve ser direcionada para a fabricação do Creme de Leite UHT, em detrimento do Creme a Granel.

Sugere-se para futuros estudos de casos a análise de qual o reflexo no mix de produção ótimo com a utilização de outros métodos de distribuição de custos conjuntos, como o método das unidades físicas e o método do valor de mercado. Além disso, ao se conhecer a elasticidade da demanda, pode-se verificar como a alteração no preço de venda dos produtos influencia no mix ótimo de produção e consequentemente na margem de contribuição para cobertura dos gastos fixos da empresa. Outro ponto importante é identificar como a aquisição de uma quantidade excedente de matéria-prima por um preço mais elevado pode ser lucrativo para a organização. Por fim, podem ser incluídos os custos fixos aos produtos por meio de rateios que pode dar outro direcionamento ao estudo.

Referências

BORNIA, Antônio Cezar. **Análise Gerencial de Custos: aplicação em empresas modernas**. 3ª Edição. São Paulo, Atlas, 2010.

CARDOSO, Amilton Fernando; SANTOS, Célio Corrêa dos; TOLEDO, Jorge Ribeiro; SOUZA, Valmor de. A programação linear como um método quantitativo no controle e apoio à tomada de decisão na gestão de custos. In: IX Congresso Internacional de Custos. **Anais...** Florianópolis: CIC, 2005.

CARLI, Sodemir Benedito; MARCELLO, Idair Edson; GOMES, Giancarlo; HEIN, Nelson. Alocação de custos aplicados ao setor de laticínio: estudo de caso no laticínio “Boa Esperança do Iguaçu Ltda.”. In: XVIII Congresso Brasileiro de Custos. **Anais...** Rio de Janeiro: CBC, 2011.

COGAN, Samuel. **Custos e Formação de Preços: análise e prática**. 1ª Edição. São Paulo, Atlas, 2013.

COGAN, Samuel. Analisando o modelo heurístico de otimização da Teoria das Restrições com o modelo matemático da Programação Linear. In: XI Congresso Brasileiro de Custos. **Anais...** Porto Seguro: CBC, 2004.

CORRAR, João Luiz.; THEÓPHILO, Carlos Renato; BERGMANN, Daniel Reed. **Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração: Contabilometria**. São Paulo: Atlas, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA**. Disponível em: < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/#leite> >. Acesso em: 01/07/2015.

LANGARAY, André Andrade; BEUREN, Ilse Maria. Cálculo de minimização dos custos de produção por meio da programação linear. In: XXI Congresso Brasileiro de Custos. **Anais...** Natal: CBC, 2014.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos**. 9. Ed – 8ª reimpressão. São Paulo: Atlas, 2008.

MILKPOINT. **Leite UHT**: a necessidade de diferenciar para ter resultado positivo. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/panorama/leite-uht-a-necessidade-de-diferenciar-para-ter-resultado-positivo-90351n.aspx>> Acesso em: 01/07/2015.

MIRANDA, José Gilberto; MARTINS, Vidigal Fernandes; FARIA, Adolar Ferreira de. O uso da programação linear num contexto de laticínios com várias restrições de capacidade produtiva. In: XIII Congresso Brasileiro de Custos. **Anais...** Belo Horizonte: CBC, 2006.

OLIVEIRA, Daniela; TIMM, Cláudio. Composição do leite com instabilidade da caseína. **Revista Ciência, Tecnologia e Alimentos**, v. 26, n.2, p. 259-263, 2006.

PELEIAS, Ivam Ricardo; NOGUEIRA, Marcelo Francisco; PARISI, Claudio; ORNELAS, Martinho Mauricio Gomes de. Otimização do mix operacional de um escritório de perícias: uma aplicação de programação linear. **Contabilidade Vista & Revista**, v. 19, n. 1, p. 37-60, 2008.

PICININ, Lídia Cristina Almeida; PENA Claudia Freire de Andrade Moraes; CERQUEIRA, Mônica Maria Oliveira Pinho; SOUZA, Marcelo Resende de; CARMARGOS, Cássio Roberto Melo. Qualidade físico-química de leite cru resfriado. In: Congresso Nacional de Laticínios. **Anais...** Juiz de Fora: CNL, 2001.

SANTOS, Joel José. **Contabilidade e Análise de Custos**: modelo contábil, métodos de depreciação, ABC – custeio baseado em atividades, análise atualizada de encargos sociais sobre salários, custos de tributos sobre compras e vendas. 6ª Edição. São Paulo: Atlas, 2011.

SCALABRIN, Idionor; MORES, Claudionor José; BODANESE, Ronaldo Enderli; OLIVEIRA, José Adrelino. Programação Linear: um estudo de caso com a utilização do Solver da Microsoft Excel. **Revista Universo Contábil**, v. 2, n. 2, p. 54-66, 2006.

ZONATTO, Vinícius Costa da Silva; DAL MAGRO, Cristian Bau; CARLI, Sodemir Benedito; SCARPIN, Jorge Eduardo. Investigação de práticas de gestão de custos conjuntos em indústrias de laticínios: uma abordagem contingencial. In: XX Congresso Brasileiro de Custos. **Anais...** Uberlândia: CBC, 2013.