DETERMINAÇÃO DO PLANO DE PRODUÇÃO ÓTIMO PARA UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Michael Mitsuo Saito

MONOGRAFIA SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DE CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PRODUÇÃO

Aprovada por:

_____

Prof. Fernando Marques de Almeida Nogueira, M.Sc.

_____

Prof. Adbeel de Lima Santos

_____

Prof. José Eloy Araújo Cerqueira.

JUIZ DE FORA, MG – BRASIL

DEZEMBRO DE 2007

SAITO, Michael Mitsuo.

Determinação do plano de produção ótimo para uma indústria de laticínios, Juiz de Fora (MG). [manuscrito] / Michael Mitsuo Saito. – Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2007.

62 p.

Monografia (graduação) – Universidade Federal de Juiz de Fora (MG), Curso de Engenharia de Produção.

"Orientador: Fernando Marques de Almeida Nogueira"

1. Pequisa Operacional. 2. Laticínios. 3. Margem de Contribuição. 4. Tomada de decisão – EPAMIG/ILCT – Juiz de Fora (MG). I. Universidade Federal de Juiz de Fora. II. Título.

Dedico este trabalho a todos os laticinistas do Brasil.

AGRADECIMENTOS

Cinco anos se somaram para que uma das mais importantes conquistas se realizasse. Foi uma jornada longa, que me valeu a forma diferente de pensar.

Meu eterno agradecimento a Deus pelas obras da vida, à minha querida e amável Mãe por tudo. A Nani pela grande amizade e amor. Ao Zuza pelo companheirismo e motivação.

A minha flor, por perfumar os ares da minha vida...

A todos os meus familiares e grandes amigos por compartilhar os momentos da minha vida.

A Universidade Federal de Juiz de Fora pela formação e abertura de imensas oportunidades.

Aos mestres que se empenharam para esclarecer e aumentar minhas dúvidas. Àqueles que nos ensinaram a pensar e a buscar algo melhor à sociedade.

A EPAMIG pelo ensejo de exercer a atividade Científica.

A ISP/Germinal que ampliou meu conhecimento e criou oportunidades para que fosse utilizado.

Ao meu orientador professor Fernando Marques de Almeida Nogueira, por sua dedicação e incentivo à busca do conhecimento.

Ao pesquisador Dr. Paulo Henrique Fonseca da Silva por ter dado a liberdade em executar este trabalho no Instituto de Laticínios Cândido Tostes.

Ao pesquisador Dr. Fernando Magalhães pela orientação da atividade científica e amizade.

Ao meu co-orientador Adbeel de Lima Santos por ter me auxiliado na elaboração deste trabalho. A Juliana Mucidas, futura Engenheira de Produção, por ter me auxiliado na coleta dos dados no ILCT.

Aos colegas do Instituto de Laticínios Cândido Tostes que colaboraram para realização deste trabalho.

Resumo da monografia apresentada à Coordenação de Curso de Engenharia de Produção como parte dos requisitos necessários para a graduação em Engenharia Produção.

DETERMINAÇÃO DO PLANO DE PRODUÇÃO ÓTIMO PARA UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Michael Mitsuo Saito

Setembro/2007

Orientador: Fernando Marques de Almeida Nogueira
Co-orientador: Adbeel de Lima Santos

Curso: Engenharia de Produção

Atualmente as companhias do ramo laticinista determinam seu plano de produção conforme a demanda de produtos, e muitas desconhecem as ferramentas da Pesquisa Operacional. O objetivo deste trabalho é determinar o plano de produção ótimo para uma indústria de Laticínios através de um problema de programação (linear ou não linear). Assim como em toda organização, uma empresa do ramo lácteo possui recursos variados como os equipamentos empregados no processamento dos derivados, os quais podem produzir uma grande diversidade de produtos lácteos, cada qual com uma margem de contribuição. Neste sentido, pode-se modelar um problema real e aplicar Programação (linear ou não linear) objetivando maximizar a margem de contribuição mensal, ou minimizar os custos. Através deste modelo pode-se determinar qual a melhor combinação de produtos a produzir, otimizando assim os recursos existentes em cada situação. O estudo foi conduzido no Centro Tecnológico da EPAMIG em Juiz de Fora, o Instituto de Laticínios Cândido Tostes, que detêm uma planta diversificada para processamento de derivados. Para elaboração do trabalho foi necessário um levantamento dos custos dos principais derivados, tarefa desafiadora para grande maioria das empresas. Além destes dados, outras informações referentes ao processamento, capacidade dos equipamentos, mão-de-obra disponível também foram necessários para modelagem do problema. A utilização da Programação Linear para otimizar a margem de contribuição da empresa em estudo possibilitou um aumento potencial de 30% a mais no resultado financeiro da mesma.

Abstract of the monograph presented to the Coordination of Course of Engineering of Production as part of the necessary requirements for the graduation in Engineering of Production.

DETERMINATION OF THE OPTIMUM PLAN OF PRODUCTION FOR AN INDUSTRY OF DAIRY PRODUCTS

Michael Mitsuo Saito

September/2007

Guiding: Fernando Marques de Almeida Nogueira
Co-guiding: Adbeel de Lima Santos

Course: Engineering of Production

Nowadays the companies of the dairy section determine their plan of production in accordance with the demand of the products, and most of them ignore the tools of the Operational Research. The objective of this work is to determine the optimum production plan for an industry of Dairy products through a programming problem (linear or non-linear). As well as in all organization, a company of the dairy section possesses several resources as the equipments employed in the processing of milk, which can produce a great diversity of milky products, each one with a markup. Then, a real problem can be modeled and Programming (linear or non-linear) can be applied in order to maximize the profits, or minimize the costs. Through this model the best combination of products to produce can be determined, optimizing the existent resources in each situation. The study was conduced in the Technological Center of EPAMIG, Institute of Dairy Cândido Tostes in Juiz de Fora, which possesses a diversified plant for processing. To foment this work it will be also necessary to determine the costs of the main derivatives, a challenging task for the majority of the companies. Besides these data, other information regarding the process, capacity of the equipments, workers was also necessary for modelling of the problem. The use of the Linear Programming to optimize the margin of contribution of the company in study made possible a potential increase of 30% more the in the financial result this company.

.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	*Ranking* da importância das informações de acordo com a moda e média dos escores	21
TABELA 2	Métodos adotados para controle de custos	23
TABELA 3	Número de publicações de acordo com a aplicação e tipo do modelo	28
TABELA 4	Margem de Contribuição e rendimento dos produtos	31
TABELA 5	Linha de produtos com potencial de produção	39
TABELA 6	Custo das matérias-primas utilizadas na produção dos derivados	40
TABELA 7	Consumo de leite padronizado pelos derivados lácteos	41
TABELA 8	Teor de gordura do leite padronizado dos derivados lácteos	42
TABELA 9	Consumo de leite *in natura* e creme gerado por unidade produzida	43
TABELA 10	Dados financeiros relativos aos produtos	47
TABELA 11	Restrições da fábrica do Instituto de Laticínios Cândido Tostes	50
TABELA 12	Restrições de demanda registrada na fábrica do Instituto de Laticínios Cândido Tostes	52
TABELA 13	Restrições de demanda mínima fornecida pela fábrica do Instituto de Laticínios Cândido Tostes	53

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ILUSTRAÇÃO 1	Modelo genérico do processamento empregado nas indústrias de laticínios	8
ILUSTRAÇÃO 2	Perfil das empresas de acordo com as linhas de produtos dos laticínios	19
ILUSTRAÇÃO 3	Perfil das empresas conforme o número de produtos	19
ILUSTRAÇÃO 4	Freqüência das classificações (muita, razoável, pouca e nenhuma importância) para os grupos de informações	20
ILUSTRAÇÃO 5	Uso de software para auxílio na tomada de decisão .	21
ILUSTRAÇÃO 6	Esquema básico de contabilidade de custos (sem departamentalização)	24
ILUSTRAÇÃO 7	Estruturação do problema	34
ILUSTRAÇÃO 8	Resultado do problema	34
ILUSTRAÇÃO 9	Análise de sensibilidade	35
ILUSTRAÇÃO 10	Discriminação dos custos variáveis referentes aos queijos, a partir de um volume hipotético de 1000L de leite padronizado	44
ILUSTRAÇÃO 11	Discriminação dos custos variáveis referente à Manteiga, a partir de um volume hipotético de 1000L de creme	45
ILUSTRAÇÃO 12	Discriminação dos custos variáveis referente ao Iogurte, a partir de um volume hipotético de 360L de leite padronizado	45
ILUSTRAÇÃO 13	Discriminação dos custos variáveis referente ao Doce de leite pastoso, a partir de um volume hipotético de 150L de leite padronizado	46
ILUSTRAÇÃO 14	Discriminação dos custos variáveis referente ao Requeijão, a partir de 30 kg de massa	46
ILUSTRAÇÃO 15	Discriminação dos custos variáveis referente ao leite, a partir de 100 L de leite padronizado	46
ILUSTRAÇÃO 16	Estruturação do problema no *software* Excel	54
ILUSTRAÇÃO 17	Solução ótima do problema no *software* Excel	55
ILUSTRAÇÃO 18	*Shadow-price* dos recursos no *software* Excel	56

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 Comparação entre Margem de Contribuição e tipo de restrição 57

GRÁFICO 2 Volume de leite recebido x Margem de Contribuição ótima 58

Sumário

CAPITÚLO I - INTRODUÇÃO

1 Considerações iniciais..... 11
2 Objetivos..... 11
3 Justificativas..... 12
4 Escopo do trabalho..... 12
5 Metodologia..... 12

CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (ESTADO DA ARTE)

1 A Indústria de Laticínios..... 14
2 Tomada de decisão na indústria de laticínios..... 17
3 Sistema de custos..... 22
4 Pesquisa Operacional..... 26

CAPITÚLO III – DESCRIÇÃO E DESENVOLVIMENTO

1 Instituto de Laticínios Cândido Tostes..... 36
2 Problemática..... 37
3 Limitações..... 37
4 Tomada de decisão..... 38
5 Levantamento dos dados da empresa..... 38
6 Modelagem e resolução do problema..... 47
7 Análise dos resultados..... 54

CAPITÚLO IV – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

1 Conclusões..... 59
2 Considerações finais..... 60

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 61

Capítulo I

INTRODUÇÃO

1. Considerações iniciais

Segundo Silva et al (1999) a queda de preços e o crescimento da demanda por lácteos, nos anos 90, levaram à reestruturação do agronegócio do leite no Brasil. No setor primário este impacto forçou indústrias a adotarem tecnologias visando reduzir o custo de produção e a obtenção de ganhos de escala. Hoje com a difusão da tecnologia muitas empresas buscam a diferenciação através da qualidade dos seus produtos e de métodos que otimizem seus lucros. Tendo em vista a competitividade entre as indústrias e a conseqüente redução das margens de lucro, a utilização da Pesquisa Operacional neste ramo, ainda pouco explorado nesta linha, será decisivo para a sobrevivência das companhias nos próximos anos.

As empresas, de um modo geral, empregam métodos subjetivos para determinar o que será produzido, os quais nem sempre garantem resultados operacionais satisfatórios. Neste sentido, aprofundar nos estudos de métodos determinísticos que auxiliem nesta decisão é o início para uma mudança no comportamento empresarial.

Recentemente este tema foi assunto de tese de mestrado que utilizou modelos matemáticos para determinar o mix de produção ótimo para uma indústria de laticínios. Outros estudos também foram conduzidos para traçar o percurso mínimo da captação do leite nas unidades produtoras.

O conhecimento técnico do ramo laticinista e o estudo aplicado da Pesquisa Operacional são os principais fatores que motivam a composição deste trabalho.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Em função da ampla utilização da subjetividade para resolver os problemas de planejamento da produção na indústria de laticínios, o objetivo geral desta obra é determinar o plano de produção ótimo para uma indústria de Laticínios utilizando programação linear ou não linear, possibilitando a determinação de uma combinação ótima de produtos para maximização da margem de contribuição total.

2.2. Objetivos Específicos

a) Determinar a capacidade de produção dos equipamentos (recursos) necessários na produção de um derivado lácteo;

b) Levantar o custo variável dos produtos da unidade estudada;

c) Avaliar os impactos externos de demanda e elaborar uma análise de sensibilidade para as épocas de maior sazonalidade;

d) Propor um modelo matemático de programação linear ou não linear para auxiliar na tomada de decisão da combinação ideal de produtos a ser produzido em cada época do ano, a fim de maximizar a margem de contribuição total da empresa.

3. Justificativas

Após uma breve revisão do assunto aplicado no ramo laticinista percebe-se uma carência de estudos na determinação do plano de produção ótimo para uma empresa. É preciso consolidar a prática da utilização de uma metodologia determinística para elaborar o plano de produção ótimo nas indústrias de laticínios. A decisão do que produzir ainda é influenciada fortemente pela experiência dos gestores e também pelos modismos de mercado.

Outro fator de muita importância neste estudo é a demonstração de que a utilização da programação linear ou não linear pode ser empregada como ferramenta auxiliar para determinar o plano de produção ótimo em uma indústria de laticínios.

4. Escopo do trabalho

O estudo será realizado no Centro Tecnológico da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, unidade industrial do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, que dispõe de uma planta bastante diversificada para produção dos derivados. Embora seja feito em um caso específico, o estudo servirá de base para adaptação em outras realidades do setor.

5. Metodologia

Para elaborar um método determinístico do plano ótimo de produção em uma indústria de laticínios, este trabalho utilizou-se da seguinte metodologia:

a) Pesquisa bibliográfica dos seguintes assuntos:

- Histórico da indústria de laticínios;
- Cenário competitivo do setor laticinista no Brasil;
- Custos, princípios e métodos de custeio;

- Teoria das restrições;
- Programação linear e não linear.

b) Busca de informação identificando a metodologia adotada pelas empresas do ramo para determinar o plano de produção, e também quais modelos relacionados à otimização que já foram aplicados na indústria de Laticínios;

c) Coleta dos dados financeiros visitando a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais nas instalações do Centro Tecnológico do Instituto de Laticínios Cândido Tostes em Juiz de Fora. Para determinação da margem de contribuição de cada derivado lácteo faz-se necessário um trabalho junto à supervisão do núcleo industrial, à contabilidade da empresa e à loja de varejo onde são comercializados todos os produtos da empresa;

d) Identificação das restrições do núcleo industrial através da coleta de dados relativos a todos os maquinários existentes na planta industrial da empresa, bem como sua capacidade produtiva e a sua função no processamento. Outro item importante a ser coletado é a quantidade de leite recebida na fábrica que varia muito nas épocas do ano;

e) Identificação das restrições de venda dos produtos através de uma pesquisa de demanda para os derivados lácteos;

f) Determinação da função objetivo do problema através da margem de contribuição dos produtos possíveis de serem fabricados na planta do Instituto;

g) Propor um modelo de um sistema para maximização do resultado da empresa, empregando os conceitos da teoria das restrições e os conceitos de custeio, combinados e sistematizados em um modelo de programação linear ou não linear;

h) Caso a resolução do problema seja linear, utilizar-se-à programação linear, sendo necessária à utilização de um software como o próprio Excel ou Lindo para determinação da solução ótima. Sendo um caso de programação não linear será aplicado um modelo adequado para este caso. Paralelamente será feita uma análise de sensibilidade variando, por exemplo, a quantidade de leite recebida, algo de caráter sazonal.

Capítulo II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (ESTADO DA ARTE)

1. A indústria de Laticínios

1.1. Histórico

O desenvolvimento da indústria de laticínios ocorreu mais fortemente a partir do crescimento dos centros urbanos, o que ocorreu concomitantemente com o desenvolvimento industrial, que se iniciou no Brasil após a 2º Guerra Mundial.

As indústrias de laticínios no Brasil foram formadas por empresas médias de caráter familiar e por Cooperativas. As cooperativas se formaram para benefício de pequenos produtores que isolados não tinham volume de produção de leite suficiente que justificasse um investimento em equipamentos de laticínios, mas que em conjunto investiram em equipamentos e estrutura para processamento de sua produção.

Na década de 1970 as indústrias internacionais de laticínios entraram no Brasil e na década de 80 avançaram conseguindo melhorar sua cadeia produtiva através da integração com fornecedores.

O crescimento das redes de supermercados provocou uma verdadeira revolução nesse segmento, uma vez que houve uma mudança no sistema de comercialização dos produtos lácteos. Essa integração entre supermercados e as indústrias de laticínios produziu um crescimento acelerado da produção e consumo, o que, em princípio poderia ser encarado como algo positivo, resultou em uma redução das margens de lucro das empresas laticinistas devido o aumento do poder de barganha das grandes redes de supermercados.

Nesse contexto, se por um lado os supermercados diminuíram as margens de lucros das indústrias de laticínios através do poder de compra, esses mesmos supermercados viabilizaram um aumento de escala de produção dos produtos lácteos, em função de sua rede de distribuição no varejo.

O mais recente avanço tecnológico foi o leite esterilizado longa vida que revolucionou a distribuição do leite. Através de uma embalagem que permite vedação hermética aliada ao processo UHT *Ultra Hight Temperature*, que consiste em um tratamento térmico a temperatura de 138ºC por 3 segundos é possível armazenar o leite em temperatura ambiente por um período de 4 meses.

Outros aspectos relevantes na indústria de laticínios no Brasil foram: a desregulamentação do mercado de leite, a abertura comercial e a estabilidade econômica que impulsionaram o consumo e, portanto a produção de laticínios. Segundo Jank et al (1999, apud KMIT, 2004):

> O sistema agroindustrial do leite brasileiro sofreu profundas mudanças de caráter estrutural desde a virada dos anos 90. Primeiro, veio a desregulamentação do mercado logo no início do governo Collor, liberando os preços dos produtos após mais de quatro décadas de controle estatal. Simultaneamente, ocorreu a abertura comercial ao exterior e a consolidação do Mercosul, que representaram um incremento da concorrência com produtos importados. Finalmente, o Plano Real trouxe a redução da inflação e a estabilização da economia.

Por fim, Almeida Junior (2004) esclarece que as indústrias de pequeno e médio portes não têm mostrado um balanço positivo em meio às condições desse novo ambiente, devido à adoção de práticas gerenciais atrasadas e de cunho familiar, o que as faz menos competitivas frente às grandes empresas do setor lácteo.

Essa abordagem histórica da indústria de laticínios no Brasil teve a finalidade de esclarecer a forte influência externa na gestão interna de uma empresa. Neste sentido, pode-se perceber que a indústria de laticínios tem condições peculiares que demandam estratégias para a manutenção e desenvolvimento do setor.

1.2. Estrutura da Indústria de Laticínios

Segundo Jank et al (1999) a classificação de produtos lácteos pode ser dividida em duas linhas: Linha Fria e Linha Seca. A Linha Fria é constituída por produtos que têm a necessidade de resfriamento para transporte e manutenção nos pontos de comercialização. Dentre eles, destacam-se os leites pasteurizados, iogurtes, bebidas lácteas, queijos de massa mole ou semi-dura,manteiga e outros. Já a Linha Seca é constituída por produtos que não têm necessidade de refrigeração para estocagem e transporte. Neste segmento pode-se destacar: leite esterilizado (longa vida), leite em pó, queijos de massa dura como Parmesão e outros.

Em seguida será descrito o funcionamento das principais unidades de processamento do leite.

a) Recepção do leite

Esta etapa consiste em receber o leite vindo dos caminhões tanques iso-térmicos. Antes do recebimento do leite, este é coletado por meio de uma amostra para avaliar sua aptidão ao processamento por meio de análises físico-químicas. Após a aprovação do laboratório o leite é bombeado do compartimento do caminhão até a indústria.

b) Pasteurização/Padronização do leite

Após a pesagem do leite em bateladas, há o bombeamento deste para o trocador de calor até que alcance a temperatura de 45ºC, quando é desviado para o equipamento de padronização, que ajusta o teor de gordura do leite para um valor desejado de acordo com o processamento. O excedente de gordura do leite integral sai na forma de creme, que é aproveitado para Manteiga, Requeijão e outros produtos. Após a padronização, o leite retorna ao trocador de calor para que seja aquecido até a temperatura de pasteurização.

Todos os derivados lácteos devem ser submetidos ao processo de pasteurização e padronização.

c) Esterilização/UHT

O processamento UHT consiste em elevar a temperatura do leite a 138ºC por um período de 3 segundos. Neste parâmetro há destruição completa dos microrganismos, viabilizando a estocagem do produto em temperatura ambiente por um longo período. Este processo além de ser empregado ao leite, também é aplicado a outros derivados como Bebidas Lácteas.

d) Leite em pó

Após a pasteurização e padronização, o leite é bombeado para a unidade de processamento de leite em pó. A primeira fase do processo é a concentração, que consiste em retirar a água do leite em baixa pressão. Após a concentração do leite, este é enviado ao processo de secagem, quando há a formação do pó. Para produzir 1 kg de leite em pó são necessários aproximadamente 9 litros de leite com 3,1% de gordura.

e) Produção de Doce de Leite

O processamento deste produto consiste em concentrar o leite com os ingredientes, em equipamento específico, até alcançar o ponto característico do produto.

f) Produção de Queijos

Existe uma grande variedade de queijos na indústria de laticínios. De forma geral, quanto maior o teor de umidade do queijo, menor o consumo de leite para sua fabricação. Por exemplo, na fabricação do queijo Mussarela são necessários 9L de leite para produzir 1kg de queijo com 3,2% de gordura.

A fabricação dos queijos é feita em tanques, nos quais se pode fabricar qualquer tipo de queijo. Em alguns queijos como o Prato e Parmesão há necessidade

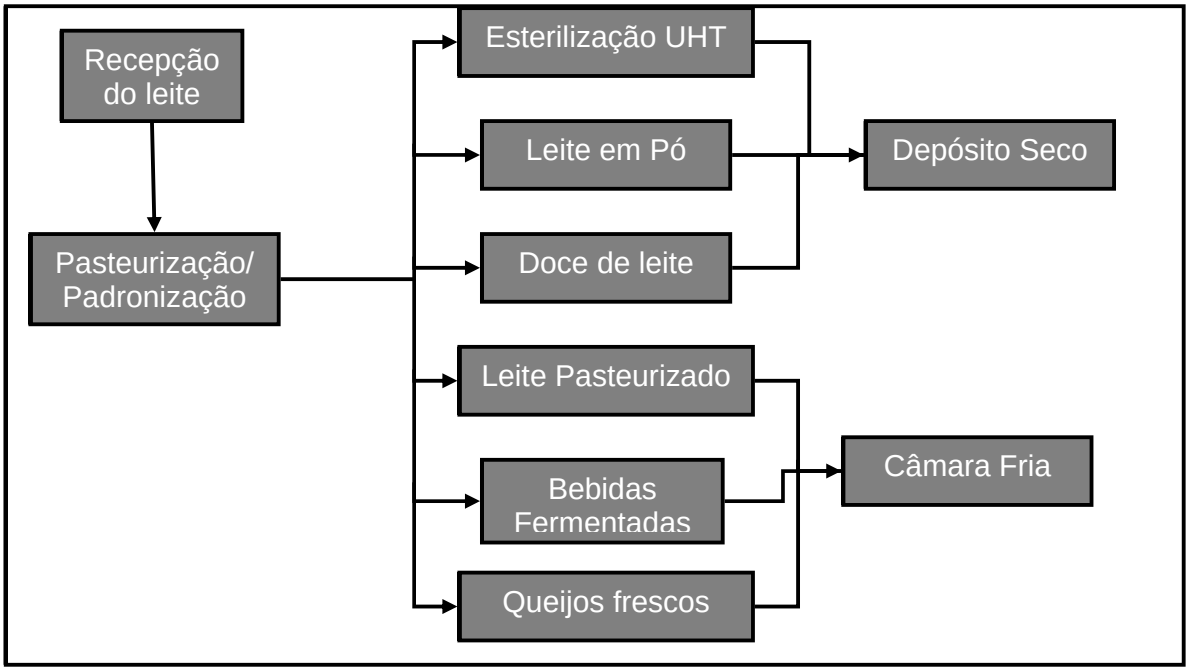
de prensagem da massa após a fabricação. A salga dos queijos é feita em tanques de salmouras refrigeradas que podem ser utilizadas por diversos queijos.

g) Produção de Bebidas fermentadas

São produzidas em tanques específicos de fermentação. Neste processo adicionam-se os ingredientes e coloca-se a mistura para fermentação até alcançar as características típicas do produto, que normalmente se dá em torno de 4 horas de fermentação. Depois de fermentada, há refrigeração da mistura e posterior envase.

A seguir será mostrado um fluxograma genérico de processamento de uma Indústria de Laticínios, contendo as unidades citadas anteriormente.

Ilustração 1 - Modelo genérico do processamento empregado nas indústrias de laticínios.



Fonte:Kmit (2004)

2. Tomada de decisão na Indústria de Laticínios

O ser humano se depara freqüentemente com situações em que se deve tomar uma decisão, situação muito comum nos cargos gerenciais. Normalmente a tomada dessas decisões está relacionada com as suas implicações e riscos no momento presente ou futuro.

Segundo Turban (1998, apud Almeida Júnior, 2004), a tomada de decisão nos ambientes gerenciais, que pode ser definida basicamente como um processo de escolha entre possíveis alternativas de ação para atingir um determinado objetivo

organizacional, era até alguns anos atrás quase exclusivamente baseada nos fatores pessoais, relacionando-se diretamente com as experiências, intuições e criatividade do gerente tomador de decisão. Entretanto, o advento de tecnologias da informação, que tiveram forte impulso no final dos anos 80, juntamente com o fortalecimento dos mercados globais, o aumento da competitividade e os crescentes cenários de instabilidade política, vêm fazendo com que esses fatores tornem-se cada vez menos preponderantes e passem a atuar apenas como agentes acessórios.

Sabe-se ainda que o resultado final e a qualidade das decisões estão muito associados à capacidade e às características pessoais de julgamento. Há indivíduos extremamente cautelosos e existem aqueles que são profundamente audaciosos. Esse raciocínio se aplica e tem coerência para diversas áreas e campos de estudo.

De acordo com Braga (2001), há um crescente aumento da complexidade das decisões gerenciais. Tomar decisões sem base em consistentes históricos de informações, análise da concorrência, avaliação dos fatores externos, como estabilidade econômica e situação de fornecedores e clientes, dentre outras, é virtualmente impossível. Esse grande número de dados, informações, variáveis, incertezas e alternativas exige, conseqüentemente, algum tipo de auxílio ou apoio computacional.

Segundo Almeida Junior (2004), as necessidades impostas pelo mercado (exigência dos consumidores, concorrência acirrada, diversidade de produtos etc.) fizeram com que o aprimoramento gerencial e o uso de ferramentas de apoio administrativo fossem evidentes para a maior parcela do setor de laticínios.

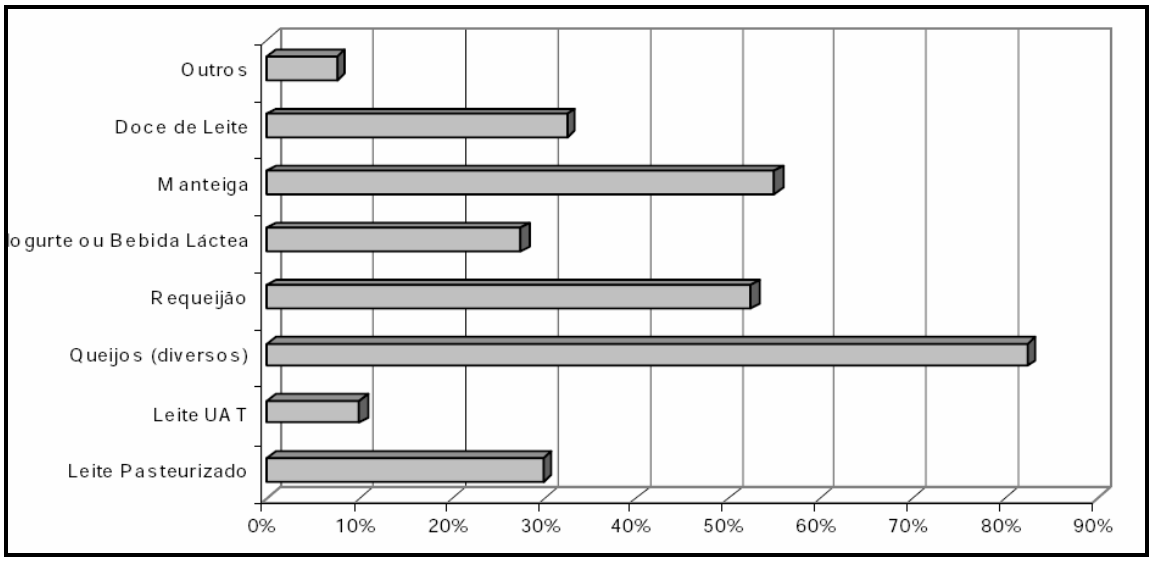
Uma pesquisa realizada por Carvalho & Silva (1997) junto à indústria nacional de laticínios revelou que apenas 60% das empresas do setor declararam efetivamente possuir sistemas para controlar os custos. Para esses autores, o principal obstáculo para a informatização das indústrias de laticínios seria a falta de *softwares* específicos para o setor, que gerassem relatórios gerenciais, controle de processos, planejamento da produção, apuração de custos e outros.

Outra pesquisa mais recente feita no estado de Minas Gerais, por Almeida Junior (2004), constatou os seguintes fatores quanto à tomada de decisões em laticínios:

a) Forte incidência de laticínios que produzem algum tipo de queijo, confirmando os dados da ABIQ (Associação Brasileira das Indústria de Queijo), que aponta o Estado de Minas Gerais como grande produtor de queijos. Essa tendência pode ser explicada pela falta de estrutura tecnológica e administrativa das empresas, impossibilitando a produção e desenvolvimento de outros produtos.

Outros produtos que se destacam são a Manteiga e o Requeijão, conforme mostra a ilustração 2.

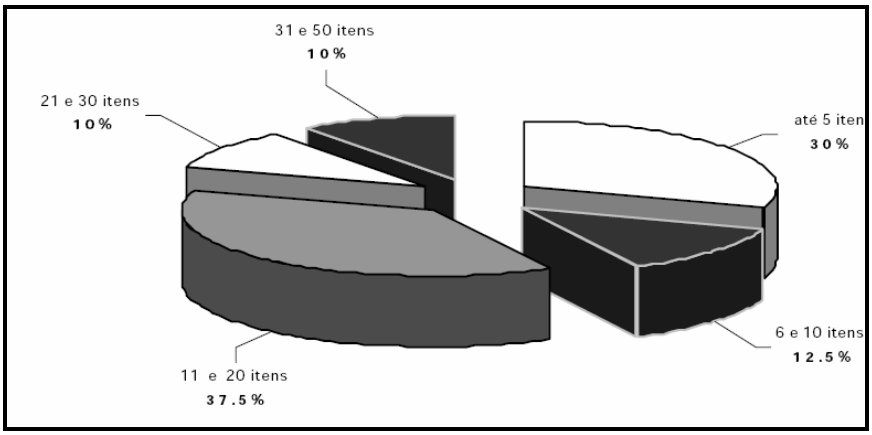
Ilustração 2 – Perfil das empresas de acordo com as linhas de produtos dos laticínios.



Fonte: Almeida Junior (2004).

b) Empresas líderes como Itambé, Nestlé e Danone possuem uma diversidade de produtos derivados do leite muito superior que 20 itens, atendendo mais eficientemente aos diferentes nichos de mercados, diferentemente das pequenas e médias empresas, que normalmente dispõem de uma baixa quantidade de itens (ilustração 3).

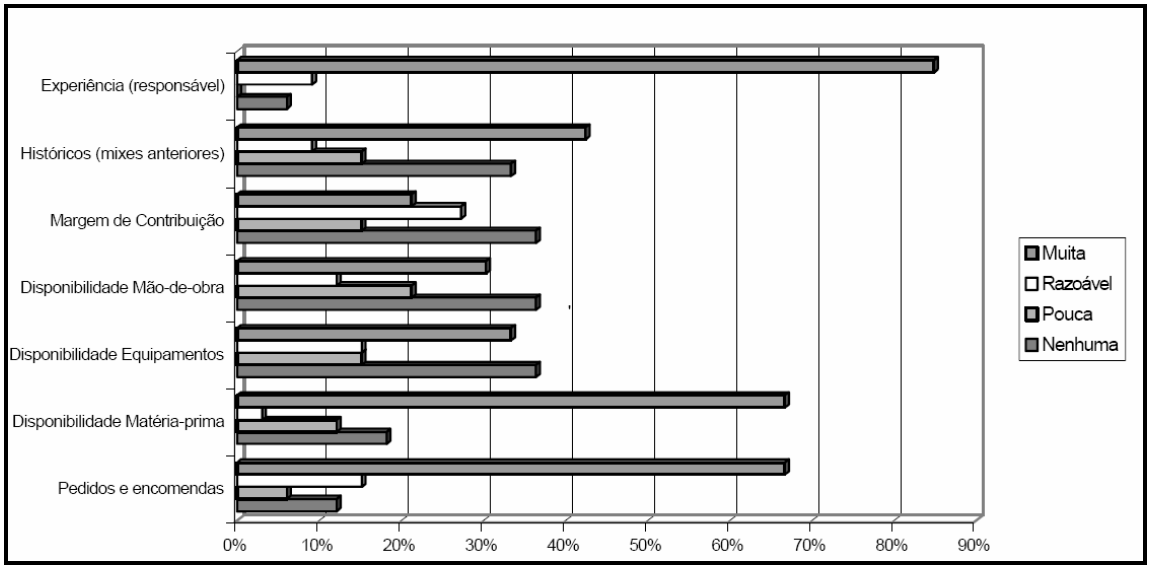
Ilustração 3 – Perfil das empresas conforme o número de produtos.



Fonte: Almeida Junior (2004).

c) As principais informações que influenciam o processo de tomada de decisões dos gerentes laticinistas são: volume de pedidos e encomendas de clientes, disponibilidade de matéria-prima, capacidade operacional dos equipamentos e máquinas, disponibilidade de mão-de-obra operacional, margem de contribuição dos produtos, históricos de produção e experiência do funcionário responsável pela programação da produção. Estas informações foram colocadas em ordem de importância, evidenciadas na ilustração 4.

Ilustração 4 – Freqüência das classificações (muita, razoável, pouca e nenhuma importância) para os grupos de informações.



Fonte: Almeida Junior (2004).

A tabela 1 apresenta ainda um *ranking* de importância de acordo com o valor da moda e média aritmética de cada um. Foram empregados os seguintes escores: 1 (nenhuma), 2 (pouca), 3 (razoável), 4 (muita).

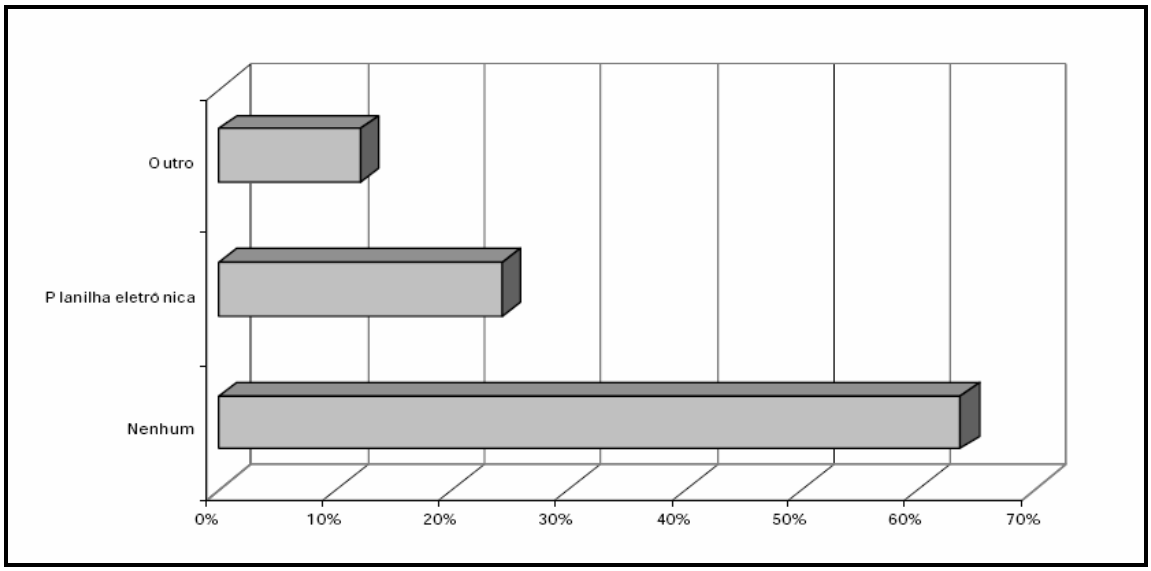
Tabela 1 – *Ranking* da importância das informações de acordo com a moda e média dos escores.

Item	***Grupo de informação***	***Moda***	***Média***
1	Experiência	4	3.73
2	Pedidos e encomendas	4	3.36
3	Disponibilidade de leite	4	3.18
4	Histórico	4	2.61
5	Equipamentos disponíveis	1	2.45
6	Disponibilidade de mão-de-obra	1	2.36
7	Margem de contribuição	1	2.33

Fonte: Almeida Junior (2004) adaptado.

d) Em relação ao uso de *softwares* de apoio para a tomada de decisão pela gerência, boa parte das empresas não utiliza qualquer programa, como pode ser visto na ilustração 5.

Ilustração 5 – Uso de software para auxílio na tomada de decisão



Fonte: Almeida Junior (2004).

3.Sistema de custos

Segundo Martins (2000) o surgimento da Contabilidade de Custos coincide com o surgimento da indústria moderna em função do desenvolvimento do mercado de capitais, do aumento da complexidade do sistema bancário e do surgimento da Auditoria Independente, o que ocorreu no início do século XX. Além da uniformidade de apresentação de balanços e resultados pelas empresas, outra importante função da contabilidade de custos é o atendimento da necessidade de controle dos estoques, pois a partir desse momento as empresas não adquiriam apenas uma mercadoria, mas diversos fatores de produção ou insumos tais como matéria-prima, energia, o que tornou essa medição muito mais complexa.

A determinação dos custos passou a depender de uma série de conceitos, definições e pressupostos. Uma vez que este estudo aborda inúmeras correntes de pensamento, é essencial a conceituação de alguns termos para unificação da linguagem. Segundo Martins (2000, p. 25, 26):

> a) **Gasto** – Sacrifício financeiro com que a entidade arca para a obtenção de um produto ou serviço qualquer, sacrifício esse representado por entrega ou promessa de ativos (normalmente em dinheiro).
> Não estão aqui incluídos todos os sacrifícios com que a entidade acaba por arcar, já que não são incluídos o custo de oportunidade ou os juros sobre o capital próprio, uma vez que estes não implicam a entrega de ativos.
> b) **Investimento** – Gasto ativado em função de sua vida útil ou de benefícios atribuíveis a futuro(s) período(s).
> c) **Custo** – Gasto relativo a bem ou serviço utilizado na produção de outros bens e serviços.
> d) **Despesa** – Bem ou serviço consumidos direta ou indiretamente para a obtenção de receitas.
> e) **Desembolso** – Pagamento resultante da aquisição do bem ou serviço.
> f) **Perda** – Bem ou serviço consumidos de forma anormal e involuntária.

Dentro desta conceituação pode-se definir ainda:

Custos Diretos - São os que podem ser diretamente (sem rateio) apropriados aos produtos, bastando existir uma medida de consumo (quilos, horas de mão-de-obra ou de máquina, quantidade de força consumida, etc.). Em geral, identificam-se com os produtos e variam proporcionalmente à quantidade produzida. Ressalta-se que a mão-de-obra direta na indústria de laticínios dificilmente será encontrada, visto que existe um grande dinamismo nesta indústria.

Custos Indiretos - São os que, para serem incorporados aos produtos, necessitam da utilização de algum critério de rateio. Na prática, a separação de custos em diretos e

indiretos, além de sua natureza, leva em conta, a relevância e o grau de dificuldade de medição.

Custos Fixos - São aqueles cujo total não varia proporcionalmente ao volume produzido. Um aspecto importante a ressaltar é que os custos fixos são fixos dentro de determinada faixa de produção e, em geral, não são eternamente fixos, podendo variar em função de grandes oscilações no volume de produção.

Custos Variáveis - São os que variam proporcionalmente ao volume produzido. Se não houver quantidade produzida, o custo variável será nulo. Os custos variáveis aumentam à medida que aumenta a produção.

O controle de custos industriais é uma ferramenta básica extremamente importante para a otimização dos processos gerenciais e indispensável para orientar as decisões diárias das empresas em relação ao processo de produção e às decisões estratégicas relativas à orientação para o mercado. Portanto, o conhecimento e a adoção de técnicas eficientes de controle de custos contribuem positivamente para o sucesso dos processos administrativos e gerenciais nas empresas. Apesar disso, as análises relativas à adoção de controles de custo pela indústria de laticínios revelam que uma parcela significativa das empresas não possui qualquer tipo de acompanhamento sistematizado de custos (Silva, 2000).

Segundo Carvalho & Silva (1997), a análise dos métodos adotados pelos laticínios para controlar os custos de produção mostra que muitos calculam os custos unitários dos produtos por meio de contabilidade separada por centros de custo, rateio simples de despesas ou fórmulas que relacionam o custo final dos produtos ao preço de leite, como pode ser visto pela Tabela 2.

Tabela 2 – Métodos adotados para controle de custos

Métodos	***% de empresas***
Fórmulas	15,20
Rateio simples das despesas	18,40
Contabilidade separada por centros de custo	51,40
Uso de coeficientes técnicos de produção	9,00
Outros	6,00

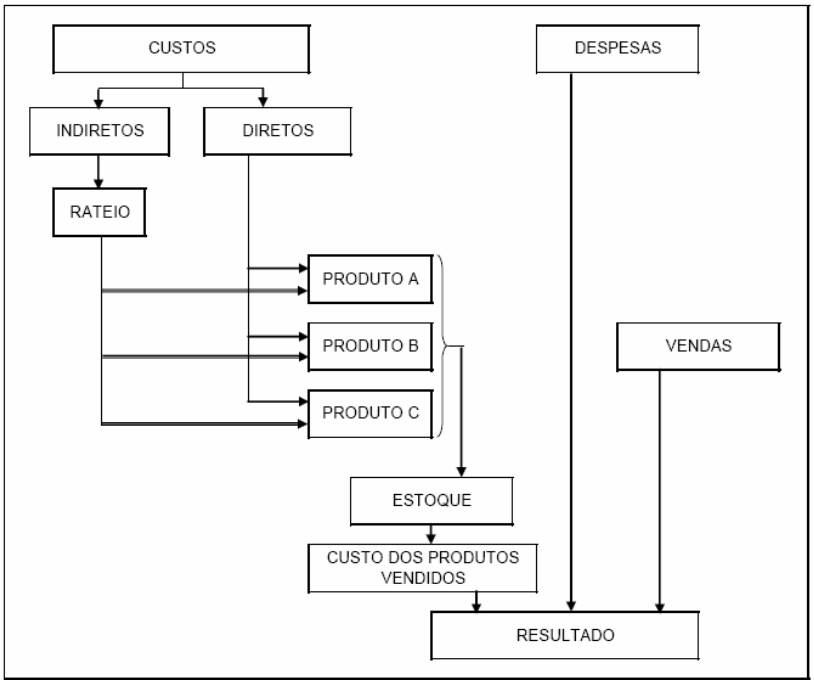
Fonte:Silva(2000)

Martins (2000) enuncia uma série de metodologias para determinação do valor dos custos dos produtos, sendo as mesmas:

a) Esquema básico da contabilidade de custos;
b) Esquema básico da contabilidade de custos (II) – Departamentalização;
c) Custeio baseado em atividades (ABC);
d) Custeio Variável (custeio direto);

O esquema básico da contabilidade de custos proposto por Martins (2000) é descrito a seguir:

Ilustração 6 – Esquema básico de contabilidade de custos (sem departamentalização)



Fonte: Martins (2000).

Bornia (2002) estabelece uma distinção entre princípios e métodos de custeio, diferenciando os dois através do foco de utilização. Os princípios determinam que tipo e como a informação deve ser vista, e o método a maneira pela qual os custos serão alocados aos produtos. Esse mesmo autor identifica os princípios de custeio da seguinte maneira:

> São três os princípios de custeio: custeio variável, custeio por absorção integral e custeio por absorção ideal.
> No custeio variável, ou direto, apenas os custos variáveis são relacionados aos produtos, sendo os custos fixos considerados como custos do período.

> No custeio por absorção integral, ou total, a totalidade dos custos (fixos e variáveis) é alocada aos produtos.
> No custeio por absorção ideal, todos os custos também são computados como custos dos produtos. Contudo, os custos relacionados com insumos usados de forma não-eficiente (desperdícios) não são alocados aos produtos.

Sendo assim, Bornia (2002) relaciona o princípio de custeio variável com a utilização de custos para o apoio a decisões de curto prazo, em que os custos variáveis tornam-se relevantes para a tomada de decisão. Nesse tipo de análise os custos de produção podem se dividir em dois grupos: variáveis aqueles que variam em função do volume de produção, e, fixos aqueles que independem das quantidades produzidas.

No arcabouço teórico do custeio variável está relacionado o conceito da Margem de Contribuição, que, segundo Bornia (2002), é o montante de vendas diminuído dos gastos variáveis.

Para Bornia (2002), a importância conceitual da Margem de Contribuição reside no fato de que ela representa a parcela do preço de venda que resta para a cobertura dos custos e despesas fixos e para a geração do lucro por produto vendido, sendo que o preço utilizado para o cálculo da Margem de Contribuição é a Receita diminuída dos tributos incidentes sobre a venda, uma vez que tais tributos diretos são tratados como deduções da receita bruta de vendas, não trazendo nenhuma contribuição para a empresa.

Martins (2000) afirma que o grande problema da utilização do custeio por absorção reside nas dificuldades de relacionar e atribuir os custos fixos aos produtos, de maneira a se ter uma percepção do custo de cada produto. No passado as maiores parcelas de custo concentravam-se em matéria-prima e mão-de-obra, sendo que os custos indiretos de fabricação (CIF) eram uma parcela pouco considerável, mas atualmente aumentaram significativamente, o que tornou bastante complexa sua alocação aos diversos produtos. Segundo Kraemmer (1995) apud Kmit (2004):

> O rápido progresso tecnológico nos processos e produto, oscilações no preço das matérias-primas e dos mercados, a maior diversificação de produtos, entre outros, aumentaram a participação dos custos fixos indiretos no custo total dos produtos vendidos: estão crescendo os chamados “custos de complexidade”. Estes são os custos indiretos de fabricação gerados, principalmente, pelas economias de escopo, isto é, o crescente aumento dos fatores de produção, os quais revelaram-se difíceis de identificar e ratear satisfatoriamente pelos métodos tradicionais de alocação de custos.

Nesse contexto, pode-se perceber que nos processos que demandam tomadas de decisão o melhor critério a ser empregado é o conceito da Margem de Contribuição.

Um outro conceito fundamental nessa abordagem é o do chamado fator de limitação que, segundo Martins (2000), se houver limitação na capacidade produtiva, interessa o produto que produz maior Margem de Contribuição pelo fator limitante da capacidade. Porém, esse mesmo autor expressa que podem existir em um mesmo período diversos fatores limitando a capacidade da empresa, como horas-máquina e certa matéria-prima. Assim, o problema fica realmente mais sério, já que uma solução simples e rápida não irá funcionar, sendo necessário nesse caso, que se recorra a métodos mais sofisticados como a Programação Linear.

4. Pesquisa Operacional

Segundo Andrade (1998), o nome Pesquisa Operacional apareceu pela primeira vez durante a Segunda Grande Guerra, quando equipes de pesquisadores procuraram desenvolver métodos para resolver determinados problemas de operações militares. O sucesso dessas aplicações levou o mundo acadêmico e empresarial a procurar utilizar as técnicas criadas em problemas administrativos.

Silva et al (1998) apud Kmit (2004) definem Pesquisa Operacional como um método científico de tomada de decisões. Em linhas gerais, consiste na descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo, e através de experimentação com o modelo, na descoberta da melhor maneira de operar o sistema.

Andrade (1998) afirma que a Pesquisa Operacional reconhece que a natureza e o ambiente de negócios são muito complexos e abrangentes e por isso exigem uma abordagem mais aberta que permita reconhecer os diversos aspectos envolvidos. Isso é feito através de modelos, o que permite simulações e auxilia na tomada de decisões. Os modelos de decisão podem ser:

a) Modelos Conceituais: relacionam de forma seqüencial e lógica as informações e as fases do processo de decisão, permitindo desenvolvimento controlado e consistente com os objetivos;

b) Modelos simbólicos ou matemáticos: fundamentam-se na suposição de que todas as informações e variáveis relevantes do problema de decisão podem ser quantificadas, e que isso pode ser representado por símbolos matemáticos, permitindo

o uso de funções matemáticas para descrever as ligações entre elas e a operação do sistema;

c) Modelos heurísticos: empregados quando a complexidade do problema é de tal ordem que a utilização de relações matemáticas torna-se impraticável ou extremamente dispendiosa; são baseados em regras empíricas ou intuitivas e que requerem técnicas de inteligência artificial.

Uma vez que o problema proposto a ser resolvido pressupõe conhecimento das variáveis fundamentais e sua quantificação, os modelos matemáticos são indicados para elaboração desse estudo. Os modelos matemáticos podem ser divididos, segundo Andrade (1998), em:

- Modelos de simulação que procuram oferecer uma representação do mundo real com o objetivo de permitir a geração e análise de alternativas, permitindo considerável grau de liberdade e flexibilidade com relação à escolha;

- Modelos de otimização que não permitem flexibilidade na escolha da alternativa, estruturados para selecionar uma única solução que será considerada ótima, segundo os critérios estabelecidos, sendo que estes critérios fazem parte da estrutura do modelo e são processados por métodos sistemáticos de solução chamados algoritmos.

Silva et al (1998) apud Kmit (2004) afirmam que uma das técnicas mais utilizadas na abordagem de problemas em Pesquisa Operacional é a Programação Linear. A simplicidade do modelo envolvido e a disponibilidade de uma técnica de solução programável em computador facilitam sua aplicação.

Na tabela 3 há um resumo do número de aplicações e tipo de modelos levantados na literatura.

Tabela 3 – Número de publicações de acordo com a aplicação e tipo do modelo

Área	***Sub-área (Indústria)***	***Tipo de modelo***		
		Programação linear	***Heurística***	***Simulação***
Alimentos	Açúcar e álcool	01	-	-
	Aves	01	-	-
	Cereais	01	-	-
	Chocolates	01	-	-
	Coco	01	-	-
	Leite e Derivados	06	04	-
	Molhos e temperos	01	-	-
	Pescado	01	01	02

Fonte: Almeida Junior (2004) adaptado.

Nota-se, portanto, uma utilização relativamente grande da Programação Linear como modelo para resolver os problemas da indústria de laticínios.

Para uma visão do método de Pesquisa Operacional, cita-se a seguir as etapas de um estudo, conforme Silva et al (1998) apud Kmit (2004):

1º Definição do problema: a definição do problema baseia-se em três aspectos principais:

- ✓ descrição exata dos objetivos do estudo;
- ✓ identificação das alternativas de decisão existentes;
- ✓ reconhecimento das limitações, restrições e exigências do sistema.

A descrição dos objetivos é uma das atividades mais importantes em todo o processo do estudo, pois a partir dela é que o modelo é concebido. Da mesma forma, é essencial que as alternativas de decisão e as limitações existentes sejam todas explicitadas, para que as soluções obtidas ao final do processo sejam válidas e aceitáveis.

2º Construção do modelo: a escolha apropriada do modelo é fundamental para a qualidade da solução fornecida. Se o modelo elaborado tem a forma de um modelo

conhecido, a solução pode ser obtida através de métodos matemáticos convencionais. Por outro lado, se as relações matemáticas são muito complexas, talvez se faça necessária a utilização de combinações de metodologias.

3º Solução do modelo: o objetivo desta fase é encontrar uma solução para o modelo proposto. Ao contrário das outras fases, que não possuem regras fixas, a solução do modelo é baseada geralmente em técnicas matemáticas existentes. No caso de um modelo matemático, a solução é obtida pelo algoritmo mais adequado, em termos de rapidez de processamento e precisão da resposta. A solução obtida, neste caso, é dita "ótima".

4º Validação do modelo: um modelo é válido se, levando-se em conta sua inexatidão em representar o sistema, ele for capaz de fornecer uma previsão aceitável do comportamento do sistema. Um método comum para testar a validade do sistema é analisar seu desempenho com dados passados do sistema e verificar se ele consegue reproduzir o comportamento que o sistema apresentou.

5º Implementação da solução: avaliadas as vantagens e a validação da solução obtida, esta deve ser convertida em regras operacionais. A implementação, por ser uma atividade que altera uma situação existente, é uma das etapas críticas do estudo. É conveniente que seja controlada pela equipe responsável, pois, eventualmente, os valores da nova solução, quando levados à prática, podem demonstrar a necessidade de correções nas relações funcionais do modelo conjunto dos possíveis cursos de ação, exigindo a reformulação do modelo em algumas de suas partes.

Para Kmit (2004), o modelo de otimização de problemas de alocação de recursos em Laticínios são lineares, o que viabiliza a utilização de um método de Programação Linear para determinar o plano de produção ótimo para este caso particular.

O método de programação linear é uma técnica que utiliza instrumentos matemáticos que permitem a otimização de operações, e é largamente utilizada na resolução de problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares. Segundo Puccini (1980):

> Os problemas de Programação Linear referem-se à distribuição eficiente de recursos limitados entre atividades competitivas, com a finalidade de atender a um determinado objetivo, por exemplo, maximização de lucros ou minimização de custos. Em se tratando de programação linear, esse objetivo será expresso por uma função linear, à qual se dá o nome de função objetiva.

> É claro que é necessário dizer quais as atividades que consomem cada recurso, e em que proporção é feito esse consumo. Essas informações serão fornecidas por equação ou inequações lineares, uma para cada recurso. Ao conjunto dessas equações ou inequações lineares dá-se o nome de restrição do modelo.
> Geralmente existem inúmeras maneiras de distribuir os escassos recursos entre as diversas atividades, bastando para isso que essas distribuições sejam coerentes com as equações de consumo de cada recurso, ou seja, que elas satisfaçam as restrições do problema. Entretanto, deseja-se achar aquela distribuição que satisfaça as restrições do problema, e que alcance o objetivo desejado, isto é, que maximize o lucro ou minimize o custo. A essa solução dá-se o nome de solução ótima.
> Uma vez obtido o modelo linear, constituído pela função objetiva (linear) e pelas restrições lineares, a programação linear se incumbe de achar a sua solução ótima.

O método de Programação Linear, apesar da aparente simplicidade, tem suas limitações, pois a realidade é complexa e, segundo Puccini (1980), podem ocorrer em função de:

- Coeficientes Constantes: nos modelos os mesmos são considerados constantes, mas na realidade os valores podem ser variáveis;

- Divisibilidade: as soluções ótimas podem apresentar valores fracionários para qualquer uma de suas variáveis, sendo que uma situação que imponha soluções com números inteiros pode conduzir a distorções e erros;

- Proporcionalidade: uma determinada hipótese pode afirmar que o lucro independe do nível de produção, o que pode se alterar em função da economia de escala, quando um produto pode ter seus custos reduzidos em função do aumento de sua produção;

- Aditividade: o modelo de programação linear pode considerar dois produtos independentes, sendo que no mundo real esses dois produtos podem interferir no consumo ou valor do outro, o que demonstra interdependência.

Apesar de todas estas limitações inerentes ao modelo de programação linear, o método é uma ferramenta poderosa para solução de problemas, principalmente quando o número de variáveis e equações é grande, o que torna praticamente inviável a determinação de uma solução ótima sem um modelo matemático.

Em seguida, será mostrada a resolução de um problema elaborado para demonstrar a resolução da determinação do plano ótimo de produção por meio de Pesquisa Operacional.

Exemplo de um caso típico na indústria de laticínios

Uma fábrica de laticínios recebe diariamente 10.000L de leite integral, processando-o nos seguintes derivados: queijo Prato, Minas Frescal, Minas Padrão, Iogurte, Leite C, Leite Desnatado e Manteiga. Após uma análise dos custos e despesas variáveis chegou-se à Margem de Contribuição mostrada na tabela 4.

Tabela 4 – Margem de Contribuição e rendimento dos produtos

Produtos	***Margem de Contribuição R$/kg ou L***	***Rendimento (litros de leite gastos por L ou kg de produto)***
Queijo Prato	1,20	10
Queijo Minas Frescal	0,70	6
Queijo Minas Padrão	0,90	8
Iogurte	0,25	0,9
Leite tipo C	0,10	1
Leite desnatado	0,15	1
Manteiga	1,00	-
Creme de leite	0,30	-

Fonte: Elaboração própria

Nesta fábrica estão alguns equipamentos e capacidade de utilização que serão listados a seguir:

- 1 Fermenteira para produção de Iogurte, com capacidade para 1.000L de produto final, podendo ser utilizada uma vez ao dia;
- 1 prensa para queijo com capacidade para 200 kg, podendo ser utilizada duas vezes ao dia;
- 2 tanques de fabricação de queijo, 01 com capacidade para 3.000L e 01 de 1.000L, podendo ser utilizados 02 vezes ao dia;
- Tanques de salmoura para 1500 kg de queijo;
- Batedeira de Manteiga com capacidade de 100 kg, podendo ser utilizada 2 vezes ao dia.

Para esclarecer as informações relativas à tecnologia de produção dos derivados, serão listados os principais itens da fabricação:

- O queijo Minas Frescal não é prensado, sendo salgado em salmouras como os demais queijos;
- O teor de gordura do leite integral neste caso foi considerado 4%, do leite desnatado 0%, e padronizado para produção de queijo e leite envasado tipo C em 3%;
- O teor de gordura do creme obtido do desnate do leite é 40%;
- Para fabricar 1 kg de Manteiga gastam-se 2L de creme a 40%;
- Considera-se teor de gordura para o queijo Prato com 24%, Minas Frescal com 17%, Minas Padrão com 23%, Iogurte com 2,5%, Manteiga com 80% e Creme de leite a 25%.

Em relação às questões de demanda, sabe-se que:

- O consumo de leite Desnatado deve ser menor que 1000 L por dia;
- O consumo de creme de leite deve ser menor que 80 L dia;

Diante destas condições, surge uma pergunta gerencial relativa ao mix de produtos a ser produzido para maximizar a margem de contribuição dos produtos desta indústria. Este problema será resolvido pela Programação Linear.

Primeiramente deve-se nomear as variáveis do problema:

- ✓ Z: função objetivo do problema; representa, neste caso, o somatório da margem de contribuição unitária dos produtos;
- ✓ X1: variável para a quantidade em kg de queijo Prato;
- ✓ X2: variável para a quantidade em kg de queijo Minas Frescal;
- ✓ X3: variável para a quantidade em kg de queijo Minas Padrão;
- ✓ X4: variável para a quantidade em L de Iogurte;
- ✓ X5: variável para a quantidade em L de leite C;
- ✓ X6: variável para a quantidade em L de leite Desnatado;
- ✓ X7: variável para a quantidade em kg de Manteiga;
- ✓ X8 : variável para a quantidade em L de Creme de leite.

A função objetivo do problema será, portanto:

Z = Margem de Contribuição (X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8) = 1,2X1 + 0,7X2 + 0,9X3 + 0,25X4 + 0,1X5 + 0,15X6 + 1X7 + 0,30 X8

A restrição relativa ao volume de leite recebido no dia será:

10X1 + 6X2 + 8X3 + 0,9X4 + 1X5 + 1X6+ 2X7 + 1X8 = 10.000;

A restrição relativa ao teor de gordura do leite integral será:

0,24X1 + 0,17X2 + 0,23X3 + 0,025X4 + 0,03X5 + 0X6 + 0,8X7 + 0,25X8 = *400;*

A restrição relativa à produção de Iogurte será:

X4 = 1000;

A restrição relativa à demanda de Leite desnatado:

X6= 1000;

A restrição relativa à demanda de Creme de leite:

X8= 80;

A restrição relativa à prensagem dos queijos será:

X1 + X3 = 400;

A restrição relativa à utilização dos tanques de queijos será:

10X1 + 6X2 + 8X3 = 8000;

A restrição relativa à utilização dos tanques de salmoura de queijos será:

X1 + X2 + X3 = 1500;

A restrição relativa à utilização da batedeira de Manteiga será:

X7 = 200;

A restrição para que não ocorram valores negativos será:

X1 = 0;

X2 = 0;

X3 = 0;

X4 = 0;

X5 = 0;

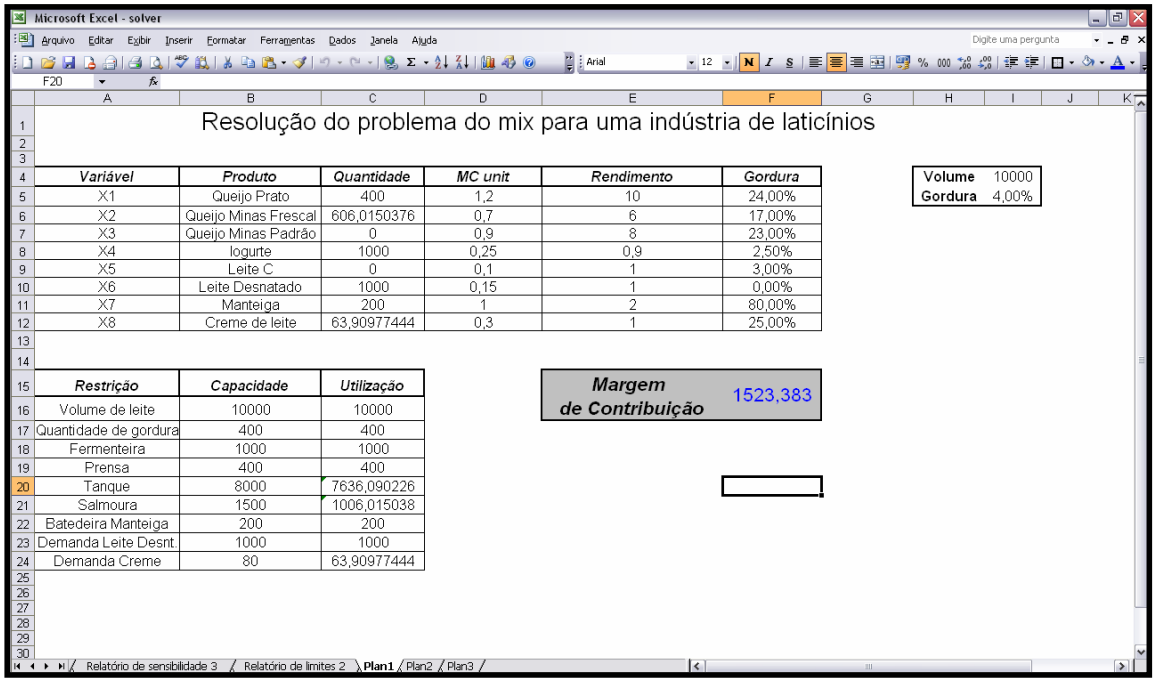
X6 = 0;

X7 = 0;

X8 = 0;

A resolução do problema foi estruturada e resolvida no *Microsoft Excel* conforme pode ser observado na ilustração 7.

Ilustração 7 – Estruturação do problema



Resolução do problema do mix para uma indústria de laticínios

Variável	Produto	Quantidade	MC unit	Rendimento	Gordura
X1	Queijo Prato	400	1,2	10	24,00%
X2	Queijo Minas Frescal	606,0150376	0,7	6	17,00%
X3	Queijo Minas Padrão	0	0,9	8	23,00%
X4	Iogurte	1000	0,25	0,9	2,50%
X5	Leite C	0	0,1	1	3,00%
X6	Leite Desnatado	1000	0,15	1	0,00%
X7	Manteiga	200	1	2	80,00%
X8	Creme de leite	63,90977444	0,3	1	25,00%

Volume	10000
Gordura	4,00%

Restrição	Capacidade	Utilização
Volume de leite	10000	10000
Quantidade de gordura	400	400
Fermenteira	1000	1000
Prensa	400	400
Tanque	8000	7636,090226
Salmoura	1500	1006,015038
Batedeira Manteiga	200	200
Demanda Leite Desnt.	1000	1000
Demanda Creme	80	63,90977444

Margem de Contribuição	1523,383

Ilustração 8 – Resultado do problema

Fonte: Elaboração própria

Célula	Destino Nome	Valor
F15	Margem de Contribuição	1523,383459

Célula	Ajustável Nome	Valor	Inferior Limite	Destino Resultado	Superior Limite	Destino Resultado
C5	Queijo Prato Quantidade	400	-2,27374E-14	1043,383459	400	1523,383459
C6	Queijo Minas Frescal Quantidade	606,0150376	0	1099,172932	606,0150376	1523,383459
C7	Queijo Minas Padrão Quantidade	0	0	1523,383459	0	1523,383459
C8	Iogurte Quantidade	1000	0	1273,383459	1000	1523,383459
C9	Leite C Quantidade	0	0	1523,383459	0	1523,383459
C10	Leite Desnatado Quantidade	1000	0	1373,383459	1000	1523,383459
C11	Manteiga Quantidade	200	0	1323,383459	200	1523,383459
C12	Creme de leite Quantidade	63,90977444	#N/D	#N/D	63,90977478	1523,383459

Ilustração 9 – Análise de sensibilidade

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Gradiente
C5	Queijo Prato Quantidade	400	0
C6	Queijo Minas Frescal Quantidade	606,0150376	0
C7	Queijo Minas Padrão Quantidade	0	-0,105264165
C8	Iogurte Quantidade	1000	0
C9	Leite C Quantidade	0	-0,018046616
C10	Leite Desnatado Quantidade	1000	0
C11	Manteiga Quantidade	200	0
C12	Creme de leite Quantidade	63,90977444	0

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Lagrange Multiplicador
C16	Volume de leite Utilização	10000	0,093233079
C17	Quantidade de gordura Utilização	400	0,827067733
C18	Fermenteira Utilização	1000	0,145413538
C19	Prensa Utilização	400	0,06917301
C20	Tanque Utilização	7636,090226	0
C21	Salmoura Utilização	1006,015038	0
C22	Batedeira Manteiga Utilização	200	0,151879646
C23	Demanda Leite Desnt. Utilização	1000	0,056766927
C24	Demanda Creme Utilização	63,90977444	0

Fonte: Elaboração própria

Capítulo III
DESCRIÇÃO

1. Instituto de Laticínios Cândido Tostes

O Instituto de Laticínios Cândido Tostes está localizado no Estado de Minas Gerais, na região Sudeste, precisamente na cidade de Juiz de Fora.

Minas Gerais caracteriza-se como o mais tradicional e importante pólo de produção de leite e derivados. Neste Estado, localiza-se o maior parque industrial de laticínios do país, responsável por mais de 60% de toda a produção de queijos, 50% de doce de leite, leite em pó e cerca de 40% da produção de manteiga. Aproximadamente 30 % do leite *in natura* vêm das bacias leiteiras mineiras. É em Minas Gerais, na cidade de Juiz de Fora, que está localizado um centro brasileiro, pioneiro no desenvolvimento das atividades de ensino e pesquisa dedicados à formação e treinamento de profissionais para a indústria de laticínios - o Centro Tecnológico / Instituto de Laticínios Cândido Tostes da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

Este trabalho terá como foco de estudo a planta industrial do Instituto de Laticínios Cândido Tostes. A fábrica, também localizada na cidade de Juiz de Fora - MG, tem uma capacidade instalada para processar até 50.000L de leite/dia, porém atualmente recebe aproximadamente 10.000L de leite/dia. Todo este leite é processado nos seguintes derivados: leite pasteurizado tipo C, iogurte (morango, pêssego e ameixa), doce de leite, manteiga, queijo Mussarela, Prato, Reino, Parmesão, Requeijão, Ricota, Minas Padrão, Minas Frescal, Gorgonzola, Morbier e Saint - Paulin. Toda a produção da fábrica é comercializada exclusivamente na loja de varejo situada no Instituto de Laticínios Cândido Tostes.

A programação da produção é elaborada com base no histórico da empresa e na experiência da gerência da empresa.

Na estrutura da fábrica pode-se citar os principais equipamentos: pasteurizador 7500L/h, padronizadora, tanque de estocagem de leite cru, tanque pulmão de estocagem de leite pasteurizado, envasadora de leite, batedeira de manteiga para 500L, câmara fria para Manteiga, tacho de fabricação de doce de leite 150L, tacho para produção de Requeijão, tanque para produção de queijos finos, tanque industrial para queijos, fermenteiras para produção de iogurte, prensas para queijos, câmara fria de salga, secagem e maturação.

2. Problemática

A fábrica do Instituto de Laticínios Cândido Tostes tem capacidade para produzir uma diversificada quantidade de derivados lácteos. Cada um desses derivados necessita de tempo, mão-de-obra, equipamento, ingredientes, leite para seu processamento, que também são denominados de recursos de fabricação.

Diante dessa situação, pode-se questionar como elaborar um plano de produção que respeite as limitações da empresa e do mercado, gerando ainda o melhor resultado financeiro para a empresa. Esta solução parece não ser tão simples para se resolver sem a utilização de um modelo apropriado para tal.

Outra questão que deve ser considerada é a variação da oferta de leite, que, segundo SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - (1997), pode chegar até 52%, o que representa um volume de leite reduzido à metade nos períodos da entre-safra. Surge a partir daí outra questão gerencial relativa à decisão da manutenção ou não da combinação produzida nas época da safra.

Este problema pode ser caracterizado como um caso típico da Pesquisa Operacional que, por meio da utilização de equações e inequações, fornece facilmente a solução ótima do problema, orientada pela função objetiva.

Com isso, pretende-se neste trabalho utilizar a Pesquisa Operacional como ferramenta para determinar o plano de produção ótimo para a indústria descrita anteriormente, avaliando ainda a sensibilidade desta solução nos períodos da entre-safra.

3. Limitações

Este trabalho utilizar-se-á de dados reais, os quais foram obtidos por meio da equipe gerencial da empresa e observação das restrições da planta industrial do Instituto de Laticínios Cândido Tostes. O resultado final do problema não é garantia exclusiva para alcançar o resultado financeiro máximo, mas apenas uma alternativa, baseada em um método científico, para utilizar racionalmente os recursos existentes na empresa.

Apesar da sazonalidade no fornecimento do leite, será considerado nos cálculos um volume mensal de 100.000 L de leite, que representa a quantidade máxima recebida no período das águas.

O modelo empregado para determinar o plano de produção ótimo para a indústria será elaborado para o planejamento de períodos mensais, considerando-se, para a simplificação do mesmo, estoque inicial igual a zero. Para agregar maior realidade ao problema, dois modelos serão empregados: um sem restrição de demanda e outro com restrições fornecidas por experiência dos gestores da empresa.

4. Tomada de decisão

Sabe-se que a programação da produção nas indústrias de laticínios é uma tarefa difícil, principalmente pela ausência de ferramentas que auxiliem nesta decisão.

A equipe gerencial do Instituto de Laticínios Cândido Tostes é desprovida de ferramentas de auxílio para determinação do plano de produção. Neste sentido, a determinação da programação é feita baseada na experiência dos gestores, na demanda requisitada pelos consumidores e também no histórico de vendas dos produtos.

Nos períodos de seca, quando ocorre uma drástica redução do volume do leite, opta-se pela produção de derivados lácteos de giro rápido, tais como queijos frescos (Minas Frescal, Mussarela), Iogurte e leite pasteurizado.

Com base nesta dificuldade, este trabalho contempla a utilização de um modelo matemático de Programação Linear para determinação do plano de produção ótimo de modo a maximizar a margem de contribuição total.

5. Levantamento dos dados da empresa

5.1. Determinação da Margem de Contribuição Unitária

Pela ótica do custeio variável é possível obter dados que possibilitam uma tomada de decisão gerencial. De acordo com esta metodologia, o cálculo da Margem de Contribuição se dá pela diferença entre receita líquida de vendas e os custos e despesas variáveis.

A determinação do plano de produção ótimo requer o emprego da margem de contribuição unitária de cada derivado lácteo. Para isso, foi estabelecida inicialmente a linha de produtos que podem ser processadas na fábrica do Instituto de Laticínios Cândido Tostes conforme a tabela 5 a seguir:

Tabela 5 – Linha de produtos com potencial de produção

Código	***Produto***	***Apresentação***
X1	Queijo Prato	Embalagem 1 kg
X2	Queijo Minas Frescal	Embalagem 1 kg
X3	Queijo Minas Padrão	Embalagem 1 kg
X4	Queijo Mussarela	Embalagem 1 kg
X5	Queijo Parmesão	Cunhas de 300 g
X6	Requeijão em Barra	Embalagem 1 kg
X7	Queijo Camembert	Embalagem 250 g
X8	Queijo Cheddar	Pedaços de 300 g
X9	Queijo Edam	Embalagem 1 kg
X10	Queijo Fundido em barra	Embalagem 1 kg
X11	Queijo Gouda	Embalagem 1 kg
X12	Queijo Provolone	Pedaços de 300 g
X13	Queijo Gorgonzola	Pedaços de 300 g
X14	Queijo Saint-Paulin	Pedaços de 300 g
X15	Queijo Tilsit	Pedaços de 300 g
X16	Queijo Morbier	Pedaços de 300 g
X17	Doce de leite pastoso	Lata – 800 g
X18	Manteiga	Caixa – 200 g
X19	Leite tipo C	Saco plástico 1 L
X20	Leite desnatado	Saco plástico 1 L
X21	Iogurte sabor morango	Frasco 1 L
X22	Iogurte sabor morango	Frasco 200 mL
X23	Iogurte sabor pêssego	Frasco 1 L
X24	Iogurte sabor pêssego	Frasco 200 mL
X25	Iogurte sabor ameixa	Frasco 1 L
X26	Iogurte sabor ameixa	Frasco 200 mL

Fonte: Instituto de Laticínios Cândido Tostes

A seguir foram identificadas as matérias-primas para produção dos derivados lácteos, conforme a tabela 6 a seguir:

Tabela 6 – Custo das matérias-primas e embalagens utilizadas na produção dos derivados

Produto	***Custo unitário***	***Produto***	***Custo unitário***
Ácido lático	R$ 10,15 / L	Rótulo/iogurte 200g	R$ 0,01
Açúcar cristal	R$ 1,07/ kg	Rótulo edam	R$ 0,41
Azeitona verde	R$ 7,79 / kg	Rótulo fundido	R$ 0,15
Bicarbonato de sódio	R$ 2,04 / kg	Rótulo gorgonzola	R$ 0,16
Caixa p/ manteiga	R$ 0,07 / unidade	Rótulo padrão	R$ 0,24
Citrato de sódio	R$ 6,15 / kg	Rótulo parmesão	R$ 0,26
Coagulante	R$ 3,39 / L	Rótulo cobocó	R$ 0,22
Extrato de tomate	R$ 3,12 / kg	Rótulo prato lanche	R$ 0,26
Fermento dvs ch-n22-50u	R$ 0,14 / cada U	Rótulo provolone	R$ 0,16
Fermento dvs ps-1-2u	R$ 13,96 / cada U	Rótulo tilsit	R$ 0,04
Fermento dvs r-704-200u	R$ 0,15 / cada U	Rótulo requeijão	R$ 0,19
Fermento dvs r-704-500u	R$ 0,13 / cada U	Rótulo requeijão barra	R$ 0,15
Fermento dvs tcc-20-50u	R$ 0,13 / cada U	Embalagem plástica 20x28	R$ 0,33
Fermento dvs yf-l811-200u	R$ 0,12 / cada U	Embalagem plastica laranja liso	R$ 0,51
Frasco/iogurte 1l	R$ 0,32 / unidade	Embalagem plástica/cobocó	R$ 0,44
Frasco/iogurte 200ml	R$ 0,13 / unidade	Embalagem plástica/gouda	R$ 0,24
Lata/doce de leite	R$ 0,77 / unidade	Embalagem plástica/ frescal	R$ 0,15
Leite	R$ 0,98 / L	Sal	R$ 0,69/ kg
Nitrato de sódio-50%	R$ 2,62 / L	Solução cloreto de cálcio	R$ 0,41/ L
Polpa/ameixa	R$ 1,00 / kg	Tintura queijo reino	R$ 4,84
Polpa/morango	R$ 1,00 / kg	Polpa/pêssego	R$ 1,00 / kg
Rótulo/doce	R$ 0,65	Rótulo/iogurte 1000g	R$ 0,02

Fonte: Instituto de Laticínios Cândido Tostes

A seguir é apresentado o consumo de leite padronizado por unidade, consumido em cada um dos produtos lácteos, conforme a tabela 7.

Tabela 7 – Consumo de leite padronizado pelos derivados lácteos

Cód. produto	***Consumo de leite padronizado (L)***	***Cód. produto***	***Consumo de leite padronizado (L)***
X1	10	X14	8,5
X2	6	X15	10
X3	8	X16	8,5
X4	9,5	X17	2,3
X5	12,5	X18	-
X6	5,66	X19	1
X7	8,2	X20	1
X8	12	X21	0,9
X9	10	X22	0,9
X10	2,83	X23	0,9
X11	10	X24	0,9
X12	10	X25	0,9
X13	8	X26	0,9

Fonte: Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Na indústria de laticínios o leite, matéria-prima principal do processamento, é adquirido dos produtores com certas características físico-químicas. Neste modelo será considerado um teor de gordura médio de 3,8% no leite recebido dos produtores. Uma vez que cada produto utiliza leite com um determinado teor de gordura específico, chamado de leite padronizado, o excesso de matéria gorda do leite *in natura* é extraído na forma de creme de leite, com teor de gordura de 60%. Isto significa que para obter 1 litro de leite padronizado é necessário processar uma quantidade maior de leite *in natura,* sendo o excedente transformado em creme do qual se fabrica a Manteiga.

Na tabela 8, a seguir, consta o teor de gordura do leite padronizado para fabricação dos produtos.

Tabela 8 – Teor de gordura do leite padronizado dos derivados lácteos

Cód. produto	***Teor de gordura do leite padronizado (%)***	***Cód. produto***	***Teor de gordura do leite padronizado (%)***
X1	3,2	X14	3,2
X2	3,2	X15	3,5
X3	3,4	X16	3,5
X4	3,2	X17	2,8
X5	2,5	X18	60
X6	3,2	X19	3,0
X7	3,2	X20	0,0
X8	3,5	X21	2,8
X9	3,4	X22	2,8
X10	3,2	X23	2,8
X11	3,4	X24	2,8
X12	3,4	X25	2,8
X13	3,8	X26	2,8

Fonte: Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Para calcular a quantidade de leite *in natura* a ser processado para se obter a quantidade de leite padronizado necessário para a fabricação de uma unidade de cada produto, deve-se utilizar a seguinte fórmula:

$$l = lp \times \frac{lp}{lp - \left(lp \times \frac{tg - tgp}{tgmg} \right)}$$

Onde:

$l =$ leite *in natura* em litros;

$lp =$ quantidade de leite padronizado em litros

$tg =$ teor de gordura do leite *in natura* (3,8% neste modelo)

$tgp =$ teor de gordura do leite padronizado em cada produto (tabela 8)

$tgmg =$ teor de gordura do creme 60%

Desta forma encontra-se a quantidade de leite *in natura* necessários para a fabricação de cada unidade de produto, além do volume de creme, o qual é obtido através da subtração entre volume de leite *in natura* e padronizado.

Tabela 9 – Consumo de leite *in natura* e creme gerado por unidade produzida

Código	***Consumo de leite in natura (L)***	***Volume de creme gerado (L)***
X1	9,5959	0,0959
X2	6,0606	0,0606
X3	8,0537	0,0537
X4	9,5959	0,0959
X5	12,7768	0,2768
X6	5,7171	-0,1769
X7	8,2828	0,0828
X8	12,0603	0,0603
X9	10,0671	0,0671
X10	2,8585	-0,2075
X11	10,0671	0,0671
X12	10,1010	0,1010
X13	8	0
X14	8,5858	0,0858
X15	10,0502	0,0502
X16	8,5427	0,0427
X17	2,3390	0,039
X18	0	-1,36
X19	1,0142	0,0142
X20	1,0677	0,0677
X21	0,9152	0,0152
X22	0,9152	0,0152
X23	0,9152	0,0152
X24	0,9152	0,0152
X25	0,9152	0,0152
X26	0,9152	0,0152

Fonte: elaboração própria

A partir destes dados é possível calcular o custo variável referente a cada produto. A ilustração 10 mostra os custos referentes a cada item de fabricação dos queijos.

Ilustração 10 – Discriminação dos custos variáveis referentes aos queijos, a partir de um volume hipotético de 1000L de leite padronizado.

	INSUMOS	PREÇO UNIT	X2	X3	X4	X5	X1	X7	X8	X9	X11	X12	X13	X14	X15
custo direto	Leite integral gasto	0,98	989,899	986,577	989,899	1001,704	989,899	989,89899	984,9246	986,577	986,577	989,899	980	989,899	984,925
	Creme gerado	2,94	-29,697	-19,7315	-29,697	-65,1107	-29,697	-29,69697	-14,7739	-19,732	-19,7315	-29,697	0	-29,697	-14,7739
	Ácido lático	10,15	2,5375												
	Coagulante	3,39	0,2034	0,2034	0,2034	0,2034	0,2034	0,2034	0,2034	0,2034	0,2034	0,2034	0,2034	0,2034	0,2034
	Fermento dvs ch-n22-50u	0,14									70				
	Fermento dvs ps-1-2u	13,96									13,96				
	Fermento dvs r-704-200u	0,15													
	Fermento dvs r-704-500u	0,13		65			65	65		65			65	65	65
	Fermento dvs tcc-20-50u	0,13			65	65			65			65			
	Nitrato de sódio-50%	2,62		1,048		1,048	1,048		1,048	1,048		1,048		1,048	1,048
	Rótulo edam	0,41								43,1579					
	Rótulo gorgonzola	0,16						97,560976	22,22222				66,667		
	Rótulo padrão	0,24		47,619											
	Rótulo parmesão	0,26				53,33333									
	Rótulo cobocó	0,22					23,15789								
	Rótulo prato lanche	0,26													
	Rótulo provolone	0,16										40			
	Rótulo tilsit	0,04													13,3333
	Embalagem plástica 20x28	0,33		65,4762	41,8516	67,69231		201,21951	45,83333	34,7368		82,5	137,5	38,82353	110
	Embalagem plastica laranja liso	0,51													
	Embalagem plástica/cobocó	0,44					46,31579								
	Embalagem plástica/gouda	0,24									24				
	Embalagem plástica/ frescal	0,15	32,93808												
	Sal	0,69	13,8	5,175	4,35789	3,312	4,357895	5,0487805	4,14	4,14	4,14	4,14	6,21	4,870588	4,14
	Solução cloreto de cálcio	0,41	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164
	Tintura queijo reino	4,84								25,4737					
	Maturação	1,00%	0	11,5153	5,35889	56,36729	11,00449	6,6469934	22,17523	11,4077	10,7931	5,766287	12,557	10,70312	11,6404

Fonte: Elaboração própria

Optou-se por trabalhar com uma base de 1000 L de leite padronizado, nos cálculos do custo variável dos queijos, para que os insumos de baixo custo unitário tivessem uma representação monetária significativa. Na ilustração 10, as colunas representam o custo relativo a cada fator de fabricação, quando se trabalha com o volume especificado de 1000 L de leite padronizado, conforme o tipo de queijo. Assim, o somatório de uma coluna gera o custo variável total empregado para processar o volume de leite padronizado especificado.

Para determinação do custo variável unitário, basta dividir este somatório pela quantidade de produto obtida, a qual é calculada com base no consumo de leite padronizado fornecido através da tabela 7.

A discriminação dos custos variáveis para a Manteiga, Iogurtes, Doce de leite pastoso, Requeijão e Leite pode ser visualizada por meio das ilustrações a seguir:

Ilustração 11 – Discriminação dos custos variáveis referente à Manteiga, a partir de um volume hipotético de 1000L de creme.

	INSUMOS	PREÇO UNIT	X18
CD	Creme de leite	2,94	2940
	Bicarbonato de Sódio	2,04	1,02
	Caixa para embalagem	0,07	170,7317073
	Sal	0,69	5,048780488

Fonte: Elaboração própria

Ilustração 12– Discriminação dos custos variáveis referente ao Iogurte, a partir de um volume hipotético de 360L de leite padronizado

			IOGURTE MORANGO		IOGURTE PÊSSEGO		IOGURTE AMEIXA	
	INSUMOS	PREÇO UNIT	X21	X22	X23	X24	X25	X26
Custo Direto	Leite integral gasto	0,98	358,779661	358,779661	358,779661	358,779661	358,7797	358,779661
	Creme gerado	2,94	-6,1016949	-6,101694915	-6,1016949	-6,101694915	-6,10169	-6,101694915
	Fermento dvs yf-l811-200u	0,12	24	24	24	24	24	24
	Açúcar cristal	1,07	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8
	Frasco/iogurte 1l	0,32	128		128		128	
	Frasco/iogurte 200ml	0,13		260		260		260
	Polpa/ameixa	1					8	8
	Polpa/morango	1	8	8				
	Polpa/pêssego	1			8	8		
	Rótulo/iogurte 1000g	0,02	8		8		8	
	Rótulo/iogurte 200g	0,01		20		20		20

Fonte: Elaboração própria

Ilustração 13- Discriminação dos custos variáveis referente ao Doce de leite pastoso, a partir de um volume hipotético de 150L de leite padronizado.

	INSUMOS	PREÇO UNIT	X17
C D	Leite integral gasto	0,98	149,4915254
	Creme gerado	2,94	-2,542372881
	Bicarbonato de sódio	2,04	0,2652
	Açúcar cristal	1,07	32,1
	Lata doce	0,77	61,6
	Rótulo	0,65	52

Fonte: Elaboração própria

Ilustração 14- Discriminação dos custos variáveis referente ao Requeijão, a partir de 30 kg de massa.

	INSUMOS	PREÇO UNIT	X6	X10
C D	Massa	10,23	306,9843	153,49214
	Creme de leite	2,94	38,22	38,22
	Citrato de Sódio	6,15	6,15	6,15
	Sal	0,69	0,483	0,483
	Azeitona verde	7,79		3,116
	Extrato de tomate	3,12		1,872
	Rótulo fundido	0,15		11,09589
	Rótulo requeijão barra	0,15	11,09589	
	Embalagem plástica 20x28	0,33	24,41096	24,410959

Fonte: Elaboração própria

Ilustração 15- Discriminação dos custos variáveis referente ao leite, a partir de 100 L de leite padronizado

INSUMOS	PREÇO UNIT	X19	X20
Leite integral	0,98	96,628	91,7868
Creme obtido	2,94	-4,116	-18,6396
Embalagem	0,1	9,86	9,37

Fonte: Elaboração própria

Através dos dados apresentados até então, é possível determinar a margem de contribuição unitária de cada produto, já que foram determinados o preço descontado de tributos e o custo variável de cada um dos derivados lácteos.

A tabela 10 apresenta de uma forma resumida os dados que serão empregados neste estudo, obtidos conforme as etapas demonstradas anteriormente.

Tabela 10 – Dados financeiros relativos aos produtos

Produto	*Preço Descontado kg*	*Custo Variável kg*	*Margem de Contribuição kg*
X1	12,74	10,56	2,18
X2	8,51	6,06	2,45
X3	12,74	9,30	3,44
X4	10,00	10,23	-0,23
X5	21,80	14,80	7,00
X6	11,22	7,17	4,05
X7	31,80	10,96	20,84
X8	23,20	13,57	9,63
X9	20,63	11,52	9,11
X10	7,17	4,42	2,75
X11	20,99	10,90	10,09
X12	20,99	11,59	9,40
X13	31,20	10,15	21,05
X14	20,99	9,19	11,80
X15	16,50	11,76	4,74
X16	28,07	10,05	18,02
X17	7,33	4,58	2,75
X18	10,70	6,39	4,31
X19	1,28	1,04	0,24
X20	1,36	0,88	0,48
X21	3,43	0,71	2,72
X22	5,3	1,77	3,53
X23	3,43	0,71	2,72
X24	1,06	1,77	3,53
X25	3,43	0,71	2,72
X26	1,06	1,77	3,53

Fonte: Elaboração própria

6. Modelagem e resolução do problema

Para determinação do plano de produção que respeite as restrições dos recursos existentes na fábrica do Instituto de Laticínios Cândido Tostes será empregado Programação linear. Este modelo será capaz de fornecer uma solução tal que a margem de contribuição total seja máxima.

Primeiramente será necessário nomear as variáveis do problema para elaboração da solução:

- ✓ Z: função objetivo do problema; representa, neste caso, o somatório da margem de contribuição unitária dos produtos;
- ✓ X1: variável para a quantidade em kg de queijo Prato;
- ✓ X2: variável para a quantidade em kg de queijo Minas Frescal;

- ✓ X3: variável para a quantidade em kg de queijo Minas Padrão;
- ✓ X4: variável para a quantidade em kg de queijo Mussarela;
- ✓ X5:variável para a quantidade em kg de queijo Parmesão;
- ✓ X6: variável para a quantidade em kg de Requeijão em barra;
- ✓ X7: variável para a quantidade em kg de queijo Camembert;
- ✓ X8: variável para a quantidade em kg de queijo Cheddar;
- ✓ X9: variável para a quantidade em kg de queijo Edam;
- ✓ X10: variável para a quantidade em kg de Fundido em barra;
- ✓ X11: variável para a quantidade em kg de queijo Gouda;
- ✓ X12: variável para a quantidade em kg de queijo Provolone;
- ✓ X13: variável para a quantidade em kg de queijo Gorgonzola;
- ✓ X14: variável para a quantidade em kg de queijo Saint-Paulin;
- ✓ X15: variável para a quantidade em kg de queijo Tilsit;
- ✓ X16:variável para a quantidade em kg de queijo Morbier;
- ✓ X17:variável para a quantidade em kg de Doce de leite pastoso;
- ✓ X18: variável para a quantidade em kg de Manteiga;
- ✓ X19: variável para a quantidade em L de leite C;
- ✓ X20: variável para a quantidade em L de leite Desnatado;
- ✓ X21: variável para a quantidade em L de Iogurte sabor morango, frasco 1L;
- ✓ X22: variável para a quantidade em L de Iogurte sabor morango, frasco 0,2 L;
- ✓ X23: variável para a quantidade em L de Iogurte sabor pêssego, frasco 1L;
- ✓ X24: variável para a quantidade em L de Iogurte sabor pêssego, frasco 0,2 L;
- ✓ X25: variável para a quantidade em L de Iogurte sabor ameixa, frasco 1L;
- ✓ X26: variável para a quantidade em L de Iogurte sabor ameixa, frasco 0,2 L;

A função objetiva do problema será dada por:

MAX Z = Margem de Contribuição = 2,18 X1 + 2,45 X2 + 3,44 X3 - 0,23 X4 + 7,00 X5 + 4,05 X6 + 20,84 X7 + 9,63 X8 + 9,11 X9 + 2,75 X10 + 10,09 X11 + 9,40 X12 + 21,05 X13 + 11,80 X14 + 4,74 X15 + 18,02 X16 + 2,75 X17 + 4,31 X18 + 0,24 X19 + 0,48 X20 + 2,72 X21 + 0,71 X22 + 2,72 X23 + 0,71 X24 + 2,72 X25 + 0,71 X26;

Definida a equação de maximização, a seguir serão descritas as equações referentes às restrições do modelo.

A primeira restrição do problema se refere ao volume de leite disponível para o processamento dos produtos. Será considerado um volume mensal de 100.000 L de

leite, volume correspondente a época de maior recebimento do leite. A restrição é dada por:

9,5959 X1 + 6,0606 X2 + 8,0537 X3 + 9,5959 X4 + 12,7768 X5 + 5,7171 X6 + 8,2828 X7 +12,0603 X8 + 10,0671 X9 +2,8585 X10 + 10,0671 X11 + 10,1010 X12 + 8 X13 + 8,5858 X14 + 10,0502 X15 + 8,5427 X16 + 2,3390 X17 + 0 X18 + 1,0142 X19 + 1,0677 X20 + 0,9152 X21 + 0,9152 X22 + 0,9152 X23 + 0,9152 X24 + 0,9152 X25 + 9152 X26 = 100.000;

Quando se multiplica o consumo de leite *in natura* da tabela 9, pela quantidade em kg ou L dos produtos, obtêm-se a quantidade de leite integral empregada para este caso. Inicialmente será considerado que este somatório não deve ser superior a 100.000L, volume de leite recebido na época das águas.

Outra restrição importante é a quantidade de gordura disponível para utilização. Neste problema será considerado um teor médio de 3,8% de matéria gorda recebida no leite *in natura*, o que corresponde a um total de 3800 kg de gordura de acordo com o volume mensal. A restrição é dada por:

(9,5959 X1 + 6,0606 X2 + 8,0537 X3 + 9,5959 X4 + 12,7768 X5 + 5,7171 X6 + 8,2828 X7 +12,0603 X8 + 10,0671 X9 +2,8585 X10 + 10,0671 X11 + 10,1010 X12 + 8 X13 + 8,5858 X14 + 10,0502 X15 + 8,5427 X16 + 2,3390 X17 + 0 X18 + 1,0142 X19 + 1,0677 X20 + 0,9152 X21 + 0,9152 X22 + 0,9152 X23 + 0,9152 X24 + 0,9152 X25 + 9152 X26**)** * 0,038 **– (**0,0959X1 + 0,0606X2 + 0,0537X3 + 0,0959X4 + 0,2768X5 -0,1789X6 + 0,0828X7 +0,0603X8 + 0,0671X9 -0,2075X10 + 0,0671X11 + 0,101X12 + 0X13 + 0,0858X14 + 0,0502X15 + 0,0427X16 + 0,039X17 -1,36 X18 + 0,0142X19 + 0,0677X20 + 0,0152X21 + 0,0152X22 + 0,0152X23 + 0,0152X24 + 0,0152X25 + 0,0152X26**)** * 0,6 = 3800;

Esta restrição multiplica o consumo de leite integral pela variável correspondente, os quais são multiplicados pelo teor de gordura do leite integral. O resultado obtido é subtraído do volume de creme gerado ou consumido por cada produto e multiplicado pelo teor de gordura do creme de leite. Esta subtração nos dá a quantidade, em quilogramas, de gordura utilizada conforme a combinação de produtos empregada.

A seguir serão descritas as restrições relativas à capacidade mensal dos equipamentos, mão-de-obra disponível e número de horas, conforme a tabela 11.

Tabela 11 – Restrições da fábrica do Instituto de Laticínios Cândido Tostes

CÓDIGO DO PRODUTO	***DESCRIÇÃO***	***LIMITE DE PRODUÇÃO MENSAL***
X5	Queijos Finos	Volume de leite padronizado utilizado não deve ser superior a 18.000 L/mês
X7		
X8		
X11		
X12		
X13		
X14		
X15		
X16		
X6	Queijos Fundidos	Produção não deve ser superior a 3680 kg/mês
X7		
X8	Queijo fino; Cheddar	Volume de leite padronizado não deve ser superior a 8.000 L/mês
X17	Tacho de Doce de leite	Volume de leite padronizado não deve ser superior a 6.000 L/mês
X18	Batedeira de Manteiga	Quantidade de Manteiga não deve ultrapassar 4.268 kg/mês
X21	Fermenteira de Iogurte	Quantidade de produto final não deve ser superior a 8.000 L/ mês
X22		
X23		
X24		
X25		
X26		
X1	Formas cilíndricas	Produção deve ser menor que 4920 kg/mês
X2		
X3		
X9	Forma para Edam	Produção deve ser menor que 4720 kg/mês

Fonte: Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Com base na tabela 11 pode-se elaborar as seguintes restrições:

- Restrição relativa ao volume máximo de leite padronizado para fabricação dos queijos finos;

12,5 X5+ 8,2 X7+ 12 X8+ 10 X11+ 10 X12+ 8 X13+ 8,5 X14+ 10 X15+ 8,5X16 = 18.000;

- Restrição relativa a quantidade máxima de queijo fundida no mês;

X6 + *X9* = 184;

- Restrição relativa à produção do queijo Cheddar;

12 X8 = 8.000;

- Restrição relativa à produção do Doce de leite pastoso, devido à capacidade do tacho;

2,3 X17 = 6.000;

- Restrição relativa à produção da Manteiga, devido à capacidade da batedeira de Manteiga;

X18 = 4.268;

- Restrição relativa à produção do Iogurte, devido à capacidade da fermenteira;

X21 + X22 + X23 + X24 + X25 + X26 = 6.000;

- Restrição relativa à produção dos queijos com formato cilíndrico, devido a quantidade de formas;

X1 + *X2* + *X3* = 4.920;

- Restrição relativa à produção dos queijos com formato esférico, devido a quantidade de formas;

X9 = 4.720;

A tabela 12 apresenta as restrições referentes às demandas máximas mensais conforme o histórico de vendas da empresa. Para que se obtenha uma solução mais fidedigna, estas demandas serão consideradas no problema.

Tabela 12 – Restrições de demanda registrada na fábrica do Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Código do Produto	***Produto***	***Símbolo***	***Demanda Máxima kg***
X1	Queijo Prato	=	1.600
X2	Queijo Minas Frescal	=	1.200
X3	Queijo Minas Padrão	=	1.400
X4	Queijo Mussarela	=	300
X5	Queijo Parmesão	=	300
X6	Requeijão em Barra	=	2000
X7	Queijo Camembert	=	30
X8	Queijo Cheddar	=	50
X9	Queijo Edam	=	150
X10	Queijo Fundido em barra	=	300
X11	Queijo Gouda	=	150
X12	Queijo Provolone	=	150
X13	Queijo Gorgonzola	=	50
X14	Queijo Saint-Paulin	=	50
X15	Queijo Tilsit	=	100
X16	Queijo Morbier	=	50
X17	Doce de leite pastoso	=	600
X18	Manteiga	=	800
X19	Leite tipo C	=	50.000
X20	Leite desnatado	=	20.000
X21 A X26	Iogurte	=	900

Fonte: Instituto de Laticínios Cândido Tostes

A tabela 13 apresenta as restrições relativas às demandas mínimas dos produtos, ou seja, a quantia mínima que se deve produzir para atender os clientes existentes. Neste caso, a solução será forçada a alcançar estas demandas, mesmo que não seja vantajoso produzi-las.

Tabela 13 – Restrições de demanda mínima fornecida pela fábrica do Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Código do Produto	***Produto***	***Símbolo***	***Demanda Mínima kg***
X1	Queijo Prato	=	160
X2	Queijo Minas Frescal	=	120
X3	Queijo Minas Padrão	=	140
X4	Queijo Mussarela	=	30
X5	Queijo Parmesão	=	30
X6	Requeijão em Barra	=	200
X7	Queijo Camembert	=	3
X8	Queijo Cheddar	=	5
X9	Queijo Edam	=	15
X10	Queijo Fundido em barra	=	30
X11	Queijo Gouda	=	15
X12	Queijo Provolone	=	15
X13	Queijo Gorgonzola	=	5
X14	Queijo Saint-Paulin	=	5
X15	Queijo Tilsit	=	10
X16	Queijo Morbier	=	5
X17	Doce de leite pastoso	=	60
X18	Manteiga	=	80
X19	Leite tipo C	=	5000
X20	Leite desnatado	=	2000
X21	Iogurte Morango 1L	=	126
X22	Iogurte Morango 0,2L	=	315
X23	Iogurte Pêssego 1L	=	36
X24	Iogurte Pêssego 0,2L	=	90
X25	Iogurte Ameixa 1L	=	18
X26	Iogurte Ameixa 0,2L	=	45

Fonte: Instituto de Laticínios Cândido Tostes

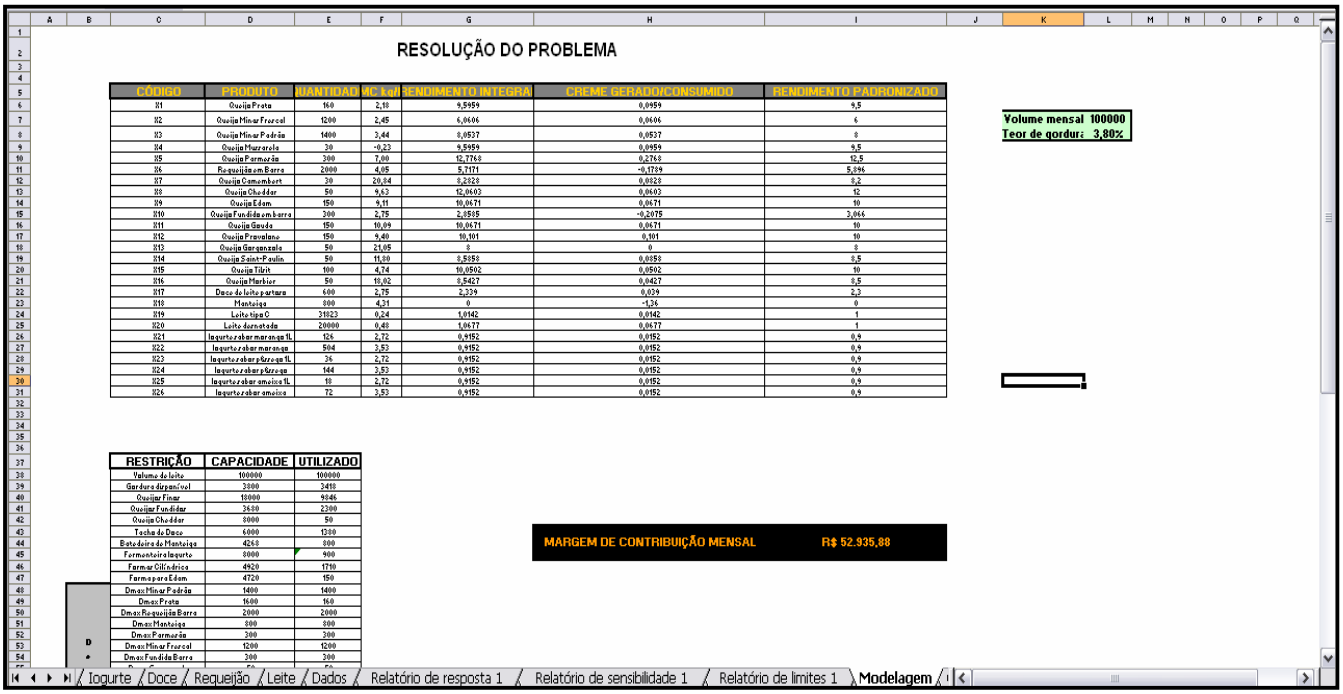
Para finalizar as restrições do problema faz-se necessário que todas as variáveis sejam números não negativos, para que a analise da solução tenha sentido prático. Além disso, vamos forçar que a solução final seja inteira, o que facilita a implementação da mesma.

7. Análise dos resultados

Após a definição da função objetivo do problema e a identificação das devidas restrições, utilizou-se o *software* Excel da *Microsoft*, através da ferramenta *solver*, para determinar a solução ótima do problema por meio de Programação Linear.

A estrutura do problema no *software* pode ser vista por meio da ilustração 16, a seguir:

Ilustração 16 – Estruturação do problema no *software* Excel



RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

CÓDIGO	PRODUTO	QUANTIDADE	RC kg/l	RENDIMENTO INTEGRA	CREME GERADO/CONSUMIDO	RENDIMENTO PADRONIZADO
X1	Queijo Prato	160	2,10	9,5959	0,0959	9,5
X2	Queijo Minas Frescal	1200	2,45	6,0606	0,0606	6
X3	Queijo Minas Padrão	1400	3,44	8,0537	0,0537	8
X4	Queijo Muzarela	30	-0,23	9,5959	0,0959	9,5
X5	Queijo Parmesão	200	7,00	12,7768	0,2768	12,5
X6	Requeijão em Barra	2000	4,65	5,7171	-0,1729	5,896
X7	Queijo Camembert	20	20,84	8,2828	0,0828	8,2
X8	Queijo Cheddar	50	9,63	12,0603	0,0603	12
X9	Queijo Edam	150	9,11	10,0671	0,0671	10
X10	Queijo Fundido em barra	200	2,75	2,0585	-0,2075	2,066
X11	Queijo Gouda	150	10,09	10,0671	0,0671	10
X12	Queijo Provolone	150	9,40	10,101	0,101	10
X13	Queijo Gorgonzola	50	21,05	8	0	8
X14	Queijo Saint-Paulin	50	11,80	8,5858	0,0858	8,5
X15	Queijo Tilsit	100	4,74	10,0502	0,0502	10
X16	Queijo Morbier	50	10,02	8,5427	0,0427	8,5
X17	Doce de leite pastoso	600	2,75	2,229	0,029	2,2
X18	Manteiga	800	4,31	0	-1,36	0
X19	Leite tipo C	31923	0,24	1,0142	0,0142	1
X20	Leite desnatado	20000	0,48	1,0677	0,0677	1
X21	Iogurte sabor morango 1L	126	2,72	0,9152	0,0152	0,9
X22	Iogurte sabor morango	504	3,53	0,9152	0,0152	0,9
X23	Iogurte sabor pêssego 1L	36	2,72	0,9152	0,0152	0,9
X24	Iogurte sabor pêssego	144	3,53	0,9152	0,0152	0,9
X25	Iogurte sabor ameixa 1L	18	2,72	0,9152	0,0152	0,9
X26	Iogurte sabor ameixa	72	3,53	0,9152	0,0152	0,9

Volume mensal 100000
Teor de gordura 3,80%

RESTRIÇÃO	CAPACIDADE	UTILIZADO
Volume de leite	100000	100000
Gordura disponível	3800	3418
Queijos Finos	18000	9846
Queijos Fundidos	3630	2300
Queijo Cheddar	8000	50
Tacha de Doce	6000	1200
Batedeira de Manteiga	4260	800
Fermentador Iogurte	8000	900
Formar Cilíndrico	4920	1710
Formas para Edam	4720	150
Dmax Minas Padrão	1400	1400
Dmax Prato	1600	160
Dmax Requeijão Barra	2000	2000
Dmax Manteiga	800	800
Dmax Parmesão	200	200
Dmax Minas Frescal	1200	1200
Dmax Fundido Barra	200	200

MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO MENSAL R$ 52.935,88

Fonte: Elaboração própria

Nas condições descritas anteriormente, respeitando as restrições de capacidade e demanda do mercado, chegou-se a uma Margem de Contribuição mensal ótima de R$ 52.935,88, quando se trabalha com 100.000 L de leite por mês. Este volume de leite representa o montante recebido em boa parte do ano.

Na ilustração 17 é apresentada a solução final do problema que maximiza a Margem de Contribuição mensal da empresa. É importante notar que os produtos com maior valor agregado, a exemplo dos queijos finos, tiveram grande participação na solução final, já que sua margem de contribuição unitária é elevada. No entanto, devido às restrições de mercado, sua participação quantitativa no mix de produção é bastante pequena, mesmo existindo capacidade para uma produção ainda mais expressiva. Neste caso, deve-se ressaltar a importância das ferramentas do *Marketing* para estimular o consumo de tais produtos.

Ilustração 17 – Solução ótima do problema no *software* Excel

Microsoft Excel 11.0 Relatório de resposta
Planilha: [CUSTOS.xls]Modelagem
Relatório criado: 8/10/2007 16:18:43

Célula de destino (Máx)

Célula	Nome	Valor original	Valor final
I43	MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO MENSAL RENDIMENTO PADRONIZADI	R$ 52.935,88	R$ 52.935,88

Células ajustáveis

Célula	Nome	Valor original	Valor final
E6	Queijo Prato QUANTIDADE	160	160
E7	Queijo Minas Frescal QUANTIDADE	1200	1200
E8	Queijo Minas Padrão QUANTIDADE	1400	1400
E9	Queijo Mussarela QUANTIDADE	30	30
E10	Queijo Parmesão QUANTIDADE	300	300
E11	Requeijão em Barra QUANTIDADE	2000	2000
E12	Queijo Camembert QUANTIDADE	30	30
E13	Queijo Cheddar QUANTIDADE	50	50
E14	Queijo Edam QUANTIDADE	150	150
E15	Queijo Fundido em barra QUANTIDADE	300	300
E16	Queijo Gouda QUANTIDADE	150	150
E17	Queijo Provolone QUANTIDADE	150	150
E18	Queijo Gorgonzola QUANTIDADE	50	50
E19	Queijo Saint-Paulin QUANTIDADE	50	50
E20	Queijo Tilsit QUANTIDADE	100	100
E21	Queijo Morbier QUANTIDADE	50	50
E22	Doce de leite pastoso QUANTIDADE	600	600
E23	Manteiga QUANTIDADE	800	800
E24	Leite tipo C QUANTIDADE	31823	31823
E25	Leite desnatado QUANTIDADE	20000	20000
E26	Iogurte sabor morango 1L QUANTIDADE	126	126
E27	Iogurte sabor morango QUANTIDADE	504	504
E28	Iogurte sabor pêssego 1L QUANTIDADE	36	36
E29	Iogurte sabor pêssego QUANTIDADE	144	144
E30	Iogurte sabor ameixa 1L QUANTIDADE	18	18
E31	Iogurte sabor ameixa QUANTIDADE	72	72

Fonte: Elaboração própria

Algo interessante a ser notado é o leite desnatado que apareceu na solução final até que a demanda máxima permitisse. Isto se explica devido à atratividade de sua margem de contribuição, a qual é impulsionada em função da valorização do produto no mercado e seu baixo custo de produção (principalmente pela retirada da matéria gorda).

No caso do Iogurte, as embalagens menores, mesmo com maior gasto de material de embalagem, apresentaram maior participação na solução final, já que seu preço por litro é maior, contribuindo para elevar a margem de contribuição unitária.

O queijo Mussarela é um produto que contribui negativamente na Margem de Contribuição mensal, ou seja, é como se estivesse pagando para se fabricar este tipo de queijo. Deve-se salientar que a Mussarela é um queijo *commodity*, muito fabricado por empresas especializadas que conseguem baixos custos por meio de escala de produção. Neste sentido, para que se consiga participação de mercado é necessário

praticar um preço que muitas das vezes, como ocorre no caso do Instituto de Laticínios, não é nem um pouco vantajoso.

O *shadow-price* é um indicador que permite avaliar o grau de importância dos recursos escassos. Seu valor corresponde ao potencial aumento na função objetivo, quando é aumentado uma unidade do recurso que está escasso. No caso dos recursos ociosos seu *shadow-price* será zero. A ilustração 18, a seguir, traz o *shadow-price* de todos os recursos identificados no problema.

Ilustração 18 – *Shadow-price* dos recursos no *software* Excel

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Lagrange Multiplicador	Célula	Nome	Final Valor	Lagrange Multiplicador
E38	Volume de leite UTILIZADO	100000	0	E71	Dmax Iogurte Ameixa UTILIZADO	90	3
E39	Gordura disponível UTILIZADO	3418	0	E64	Dmax Edam UTILIZADO	150	7
E40	Queijos Finos UTILIZADO	9846	0	E65	Dmax Gouda UTILIZADO	150	8
E41	Queijos Fundidos UTILIZADO	2300	0	E72	Dmin Minas Padrão UTILIZADO	1400	0
E42	Queijo Cheddar UTILIZADO	50	0	E73	Dmin Prato UTILIZADO	160	0
E43	Tacho de Doce UTILIZADO	1380	0	E74	Dmin Requeijão Barra UTILIZADO	2000	0
E44	Batedeira de Manteiga UTILIZADO	800	0	E75	Dmin Manteiga UTILIZADO	800	0
E45	Fermenteira Iogurte UTILIZADO	900	0	E76	Dmin Parmesão UTILIZADO	300	0
E46	Formas Cilíndrica UTILIZADO	1710	0	E77	Dmin Minas Frescal UTILIZADO	1200	0
E47	Forma para Edam UTILIZADO	150	0	E78	Dmin Fundido Barra UTILIZADO	300	0
E48	Dmax Minas Padrão UTILIZADO	1400	2	E79	Dmin Gorgonzola UTILIZADO	50	0
E49	Dmax Prato UTILIZADO	160	0	E80	Dmin Doce de leite UTILIZADO	600	0
E50	Dmax Requeijão Barra UTILIZADO	2000	3	E81	Dmin Mussarela UTILIZADO	30	-3
E51	Dmax Manteiga UTILIZADO	800	4	E82	Dmin Cheddar UTILIZADO	50	0
E52	Dmax Parmesão UTILIZADO	300	4	E83	Dmin Provolone UTILIZADO	150	0
E53	Dmax Minas Frescal UTILIZADO	1200	1	E84	Dmin Saint Paulin UTILIZADO	50	0
E54	Dmax Fundido Barra UTILIZADO	300	2	E85	Dmin Tilsit UTILIZADO	100	0
E55	Dmax Gorgonzola UTILIZADO	50	19	E86	Dmin Morbier UTILIZADO	50	0
E56	Dmax Doce de leite UTILIZADO	600	2	E87	Dmin Camembert UTILIZADO	30	0
E57	Dmax Mussarela UTILIZADO	30	0	E88	Dmin Edam UTILIZADO	150	0
E58	Dmax Cheddar UTILIZADO	50	7	E89	Dmin Gouda UTILIZADO	150	0
E59	Dmax Provolone UTILIZADO	150	7	E90	Dmin Iogurte UTILIZADO	900	0
E60	Dmax Saint Paulin UTILIZADO	50	10	E91	Dmin Leite C UTILIZADO	31823	0
E61	Dmax Tilsit UTILIZADO	100	2	E92	Dmin Leite D UTILIZADO	20000	0
E62	Dmax Morbier UTILIZADO	50	16	E93	Dmin Iogurte Morango UTILIZADO	630	0
E66	Dmax Iogurte UTILIZADO	900	0	E94	Dmin Iogurte pêssego UTILIZADO	180	0
E67	Dmax Leite C UTILIZADO	31823	0	E95	Dmin Iogurte Ameixa UTILIZADO	90	0
E68	Dmax Leite D UTILIZADO	20000	0	E96	Dmin Iogurte Morango 1L UTILIZADO	126	-1
E63	Dmax Camembert UTILIZADO	30	19	E97	Dmin Iogurte pêssego 1L UTILIZADO	36	-1
E69	Dmax Iogurte Morango UTILIZADO	630	3	E98	Dmin Iogurte Ameixa 1L UTILIZADO	18	-1

Iogurte / Doce / Requeijão / Leite / Dados / Relatório de resposta 1 / **Relatório de sensibilidade 1** / Relatório de limites 1 / Modelagem

Fonte: Elaboração própria

Nota-se que o *shadow-price* aparece quando o recurso é empregado em sua totalidade. O volume de leite é o único fator diferente das restrições de mercado a apresentar valor diferente de zero. Neste caso para cada litro a mais captado aumenta em R$ 0,24 na margem de contribuição mensal. A gordura disponível não foi totalmente empregada porque a restrição de mercado da Manteiga limita seu uso. Sabe-se que este constituinte é de grande importância na indústria laticinista, o que normalmente o coloca com um *shadow-price* significativo, o que só viria a acontecer neste problema caso a demanda por Manteiga fosse maior.

Os valores mais expressivos de *shadow-price*, conforme pode-se verificar na ilustração 18, são as restrições de demanda de queijos finos como o Gorgonzola, Camembert, Morbier, Saint-Paulin e Gouda. Assim, para cada quilograma absorvido a

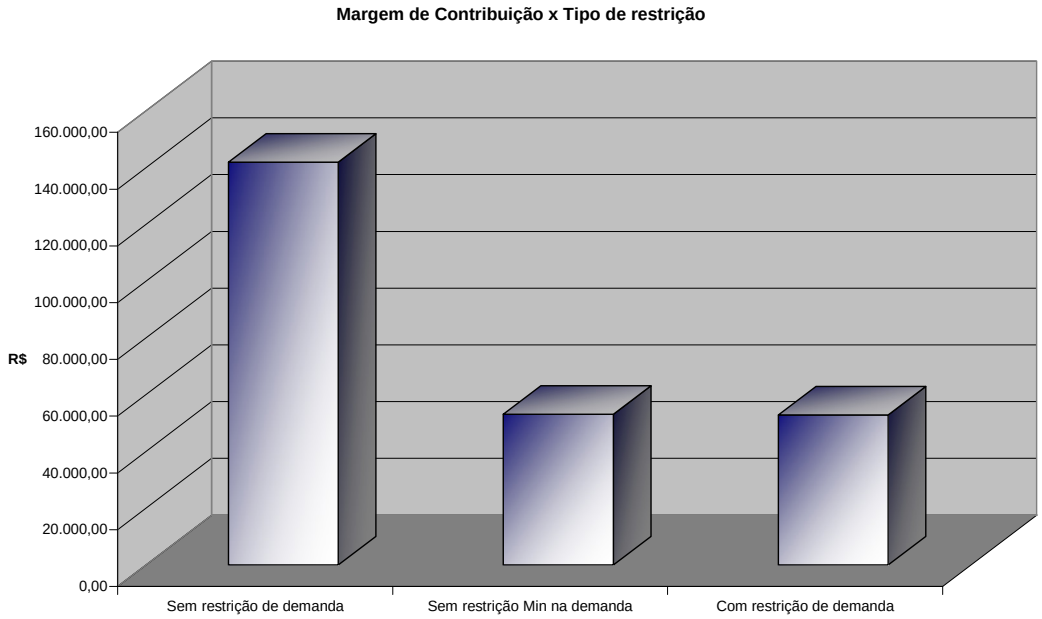
mais pelo mercado do queijo Gorgonzola, por exemplo, consegue-se um incremento de R$19,00 na margem de contribuição mensal.

Valores negativos de *shadow-price* indicam análise inversa. No caso do queijo Mussarela, que apresenta um valor de R$ -3,00, pode-se dizer que para cada unidade produzida perde-se tal valor na margem de contribuição mensal.

Outro conceito importante é o custo reduzido, que corresponde à penalidade atribuída à função objetiva quando se quer produzir um produto que aparece com valor zero na solução final. Devido à inserção de demanda mínima nas restrições, para que não haja corte de produto no mix de produção, o custo reduzido dos produtos foi zero, uma vez que nenhum produto assumiu valor igual a zero na solução final, conforme ilustração 17.

O gráfico 1, a seguir, mostra uma comparação entre as Margens de Contribuição mensal ótima, conforme o tipo de restrição inserido no problema.

Gráfico 1 - Comparação entre Margem de Contribuição ótima e tipo de restrição



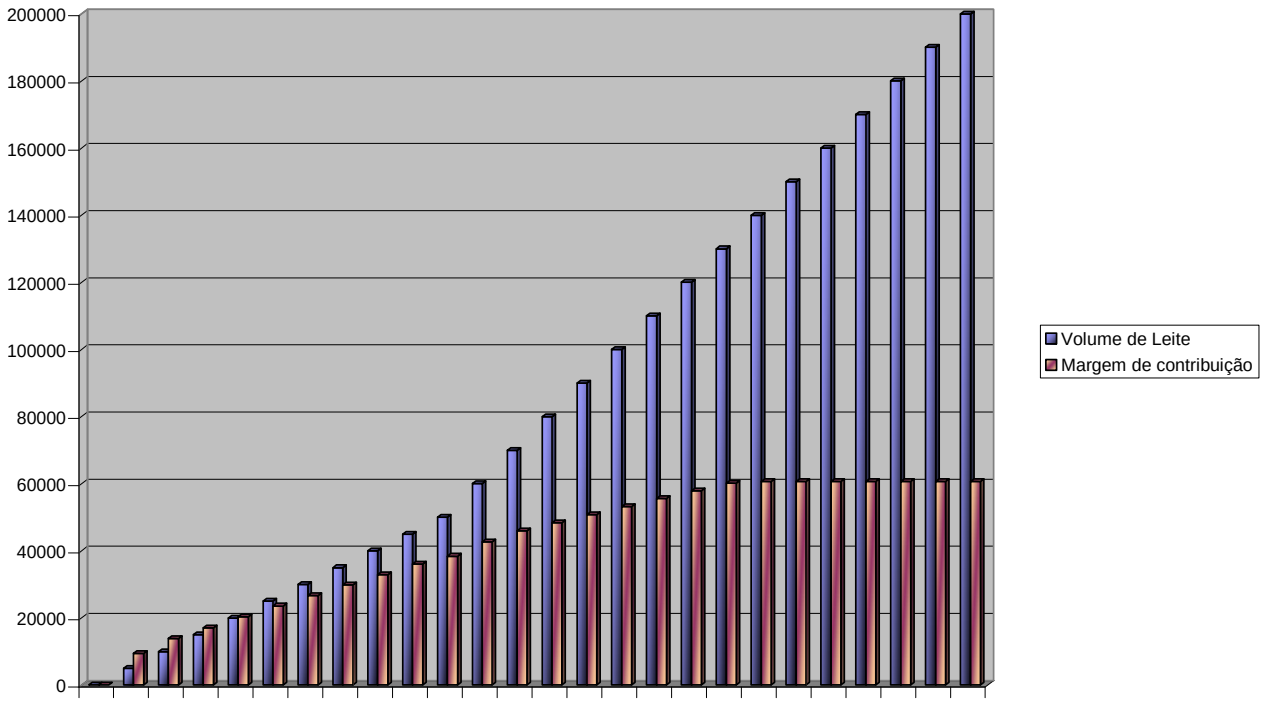
Fonte: Elaboração própria

Quando não existe qualquer restrição de demanda, pode-se notar que a Margem de contribuição alcançada é bastante superior quando comparada com os casos onde existe pelo menos uma restrição de mercado. Ao retirar as demandas mínimas do problema original (com todas as restrições), pouco se altera a margem de contribuição mensal. Isto mostra que é interessante para a marca da empresa manter

todos os produtos no mix, mesmo que alguns não sejam economicamente vantajosos, uma vez que houve uma pequena modificação na Margem de Contribuição.

O gráfico 2 compara o incremento na Margem de Contribuição mensal ótima com as variações no volume de leite recebido pela empresa.

Gráfico 2 – Volume de leite recebido x Margem de Contribuição ótima



Fonte: Elaboração própria

Inicialmente, quando o volume de leite mensal é inferior a 20.000L, cada litro de leite recebido a mais, gera uma taxa de crescimento expressiva na margem de contribuição mensal otimizada. Esta taxa diminui até chegar a zero, onde permanece constante, mesmo com o aumento no volume de leite recebido. Isto pode ser explicado devido à falta de mercado consumidor para os produtos produzidos. Neste sentido, de acordo com a análise do gráfico 2, o volume máximo a ser processado seria algo próximo de 130.000L de leite por mês. Qualquer volume acima deste valor gera excedente de matéria-prima, o que não se justifica neste tipo de indústria onde os produtos são altamente perecíveis. A solução para isso só pode ser viabilizada através de ferramentas que auxiliem no aumento da demanda dos derivados lácteos produzidos pela empresa.

CAPITÚLO IV – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Conclusões

Os objetivos inicialmente propostos foram totalmente alcançados neste trabalho de conclusão de curso. Seu caráter prático e exeqüível abre caminho para que outras indústrias do ramo laticinista também implementem um estudo de otimização do plano de produção, desde que respeite adequadamente os fundamentos teóricos das áreas abordadas.

O conceito da Margem de Contribuição pode ser perfeitamente empregado nas indústrias laticinistas como meio de tomada de decisão, devido a sua praticidade e facilidade de atualização. Porém este conceito isolado, inserido em um cenário com um grande número de restrições e interseções, impede a determinação do plano de produção ótimo. Para isso é fundamental o uso adequado da Pesquisa Operacional, como uma ferramenta chave para auxiliar na tomada de decisão.

A metodologia utilizada para determinar o plano de produção ótimo é apenas um auxílio aos gestores, não substituindo, portanto, a sua experiência. Cabe a este profissional, decidir se a solução final deve ser seguida à risca, ou modificada em função das incertezas mercadológicas que não são contempladas para determinar a solução ótima.

O plano de produção ótimo, sob as condições avaliadas, é composto por produtos de alto valor agregado tais como os queijos finos, leite desnatado, requeijão em barra e Iogurte. Os demais produtos aparecem na solução final apenas para atender à exigência de demanda mínima, mesmo que não sejam alternativas interessantes de produção. Utilizando dados referentes ao mês de Setembro de 2007, notou-se que um dos produtos analisados apresenta margem de contribuição negativa, o que sugere uma falta de especificidade na produção deste derivado.

Na maioria dos casos, o fator preponderante foi a demanda máxima dos produtos. Isto quer dizer que, grande parte dos recursos de produção encontra-se subutilizado, devido à inexistência de mercado para absorver a produção. Neste sentido, é fundamental que sejam empregadas ferramentas de *marketing* para estimular o crescimento das vendas. Quando são desconsideradas as restrições de demanda, a margem de contribuição mensal é praticamente o dobro daquela obtida com todas as restrições. No entanto, existe pouca diferença entre a margem de contribuição mensal obtida com e sem restrição de demanda mínima.

A margem de contribuição máxima a ser alcançada, sob as atuais condições de demanda, gira em torno de R$ 60.000,00, mesmo aumentando o volume de leite

recebido. Caso esta demanda permaneça, o volume máximo a ser recebido não deve ultrapassar 130.000 L de leite/mês.

Para o volume de leite recebido pela fábrica do Instituto de Laticínios Cândido Tostes até então, seguindo a atual programação da produção, é possível obter uma margem de contribuição mensal 30% superior, quando é empregado o método de otimização, o que equivale a um aumento de R$ 5.500/mês na época seca ou R$ 12.000/mês nas águas.

Por fim, deve-se ressaltar que a integração de conceitos, princípios e métodos auxiliam na elaboração de ferramentas eficientes e confiáveis, desde que o modelo seja sustentado por um embasamento teórico forte e concatenado com as áreas afins.

2. Considerações finais

O trabalho de conclusão de curso é uma importante etapa na formação do aluno no curso de Engenharia de Produção, já que é uma oportunidade para que o mesmo integre o conhecimento e aplique-o através de uma vivência prática.

Infelizmente ainda existem muitas empresas em nosso país com pouca profissionalização, e ainda, fechadas para novas alternativas. É preciso, sem dúvida, mudar este cenário para tornar estas empresas competitivas no cenário internacional.

Este trabalho de conclusão de curso utilizou-se de conceitos aparentemente simples no meio científico, mas que nem por isso deixam de ter grande importância na realidade das indústrias laticinistas. Nos tantos trabalhos que ainda estão por vir, deve-se pensar não apenas em um trabalho para concluir a graduação, mas em algo que seja importante e capaz de alterar para melhor, mesmo que aos poucos, a indústria brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIQ. *Associação Brasileira das Indústrias de Queijos*. *Estatísticas.* Disponível em: <http://www.abiq.com.br>. Acesso em : 15 Maio 2007.

ALMEIDA JUNIOR, João Francisco de. *Planejamento da produção na indústria de laticínios:práticas atuais e desenvolvimento de um protótipo de sistema de apoio à decisão.* Tese de M. Sc.,Viçosa, MG, 2004.

ANDRADE, Eduardo L. *Introdução à pesquisa operacional.*2 ed. Rio de Janeiro: LCT, 1998.

BORNIA, Antônio Cezar. *Análise gerencial de custos em empresas modernas.* Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRAGA, J.L. *Tecnologia da Informação: apostila MBA Agronegócio. Viçosa, 2001.*

CARVALHO, M.M e SILVA, L.P. *Embrapa gado de leite***.** Juiz de Fora:EMBRAPA-CNPGL, 1997. 359P.

CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 15., 1999, Juiz de Fora. *Organização da produção primária:um desafio para a indústria de laticínios – Workshop.* Juiz de Fora: EPAMIG – Centro Tecnológico – ILCT, 1999.

JANK,Marcos S, FARINA, Elizabeth M.M.Q., GALAN, Valter B. *O agrobusiness do leite no Brasil.* São Paulo:Milkbizz, 1999.

KMIT, Wlamir. *Maximização do resultado na indústria de laticínios através da otimização do mix de produção com a utilização das UEPs como fator de limitação da margem de contribuição.* Tese de M. Sc., Florianópolis, SC, 2004.

KRAEMER, Tânia Henke. *Discussão de um sistema de custeio adaptado às exigências da nova competição global.* Porto Alegre: UFRGS, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) PPGEP/UFRGS, 1995.

MARTINS, Eliseu. *Contabilidade de custos.* 7 Ed. São Paulo:Atlas, 2000.

PUCCINI, Abelardo de Lima. *Introdução à programação linear.* Rio de Janeiro:livros técnicos e científicos editora S.A, 1980.

SEBRAE-MG. *Diagnóstico da indústria de laticínios no estado de minas gerais.* Belo Horizonte:SEBRAE-MG,1997.

SILVA, Ermes Medeiros da, SILVA, Elio Medeiros da, GONÇALVES, Valter, MUROLO, Afrânio Carlos. *Pesquisa Operacional: programação linear.* 3 Ed. São Paulo: Atlas, 1998.

SILVA, P.H.F da; PORTUGAL, J.A.B; CASTRO, M.C.D e. *Qualidade e Competitividade em Laticínios.* Juiz de Fora: EPAMIG – Centro Tecnológico – ILCT,1999.

SILVA, R. S. *Custo de produção, Manual do usuário***.** CEL (Centro de Excelência em Laticínios) Lavras. 2000. 114p.

TURBAN, E. & ARONSON, J. E. *Decision Support Systems and Intelligent Systems.* Prentice-Hall: New Jersey, 1998. 589p.

This document was created with Win2PDF available at http://www.win2pdf.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.