

INFORMAÇÕES DE CUSTOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE PROGRAMAÇÃO LINEAR - UM CASO APLICADO A UMA EMPRESA BRASILEIRA -

JACIRA TUDORA CARASTAN

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade
Universidade de São Paulo - Brasil
CEP: 05508-902 - SÃO PAULO - SP
FAX: (011) 818-5822

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo de caso prático onde aplicou-se o método quantitativo de Programação Linear, para verificar quais informações de custos eram úteis :

a) para o processo decisório, quando houvesse vários recursos limitativos na produção;

b) para auxiliar o planejamento e o controle das atividades produtivas. Com os dados fornecidos pela INADAL - Indústria e Comércio de Máquinas Ltda. aplicou-se o modelo de Programação Linear para um dos problemas clássicos de determinação do mix ótimo de quantidades de produção para uma certa linha de produtos, perante as várias limitações dos recursos produtivos, buscando :

a) a maximização da margem de contribuição total;

b) a verificação do custo de oportunidade relacionado à solução ótima, através da minimização dos custos variáveis.

Efetuada-se vários testes, observou-se quais informações de custos e de resultados eram relevantes para o processo de análise e decisão de cursos alternativos de ação, úteis aos gestores para :

a) fins de planejamento;

b) fins de controle de recursos limitativos e respectivos custos.

INTRODUÇÃO

Observando os principais aspectos da Contabilidade, quer seja suas técnicas e metodologias de registro dos fatos e atos administrativos, quer seja sua forma de apresentação dos relatórios e seus diversos usuários, vê-se que é um poderoso sistema de informações.

Na Contabilidade Financeira a quantificação das informações baseia-se nos custos históricos, através de um denominador comum monetário. Entretanto, há um ramo da Contabilidade que trata das informações úteis para o processo de tomada de decisões denominada Contabilidade Gerencial. Nesta as informações não necessariamente precisam ser formuladas com base nos "custos históricos", pode-se utilizar custos correntes, valores expressos em diferentes unidades monetárias, etc.

Quanto às informações, a Contabilidade Financeira preocupa-se em apresentá-las aos usuários externos (acionistas, credores em geral, governo, etc.), já a Contabilidade Gerencial visa a atender aos usuários internos (diretores, gerentes, administradores, etc.).

O princípio da Contabilidade Gerencial está em que não há um único sistema de custos igualmente relevante para todo tipo de decisão.

Na Contabilidade Gerencial deve atuar o "Contador Gerencial", com denominação de *controller*, executando tarefas do tipo : propor que se decida entre vários cursos de ação qual o melhor para atingir os objetivos desejados no momento.

A Contabilidade Gerencial gera informações auxiliares aos processos decisórios e de controle das atividades da empresa. Distingue-se da Contabilidade Financeira não somente por seus objetivos diferenciados e relatórios preparados, mas também quanto aos dados utilizados, tais como preços correntes, demanda de produtos versus recursos disponíveis e ainda quanto às medidas relativas às quantidades produzidas e capacidade de produção; emprega instrumentos como orçamentos, estimativas, etc.

MEDIDAS PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO NAS EMPRESAS

Para fins de avaliação de desempenho pode-se utilizar, também, indicadores de origem não financeira.

À medida que estes indicadores forem adequadamente aplicados, surgirão outras técnicas de análise úteis para os processos de gestão.

Atualmente, os sistemas de mensuração devem considerar os cinco principais itens : a qualidade dos produtos, os problemas com o excesso de estoques, a produtividades nas atividades econômicas, a inovação de produtos no mercado e a força de trabalho especializada.

Sob este enfoque as novas tecnologias de produção estão sendo implantadas num ambiente empresarial cada vez mais competitivo. Assim, torna-se necessário aperfeiçoar as técnicas existentes, inventar novos produtos com novos padrões de alta qualidade, buscando o menor desperdício de recursos e maior produtividade, a custos menores.

Portanto, o presente trabalho apresenta um estudo de caso prático onde aplicou-se o método quantitativo de Programação Linear, para verificar quais informações de custos eram úteis :

- a) para o processo decisório, quando houvesse vários recursos limitativos na produção;
- b) para auxiliar o planejamento e o controle das atividades produtivas.

O SISTEMA DE INFORMAÇÃO CONTÁBIL E O PROCESSO DECISÓRIO

Numa abordagem sistêmica, uma organização formal é composta por indivíduos, ocupando funções e executando tarefas, tal que seu fluxo interdependente permita a obtenção de seus melhores resultados.

Esse fluxo interdependente pode ser observado na própria definição genérica de sistemas : "um conjunto de partes (unidades) devidamente coordenadas e correlacionadas, que trabalhando conjuntamente procuram atingir um ou mais objetivos, formam um sistema".

Assim, na organização "empresa", a interação e interdependência entre as partes somente ocorre graças ao sistema de informações que a envolve, visto que, através deste, as informações mais elementares são agrupadas e analisadas segundo alguma

característica específica, possibilitando a comunicação de uma ou mais mensagens (informações finais) para os usuários nelas interessados.

É neste contexto de integração de dados, objetivos, processamento e saídas do sistema que a Contabilidade mostra-se como um sistema de informação.

Através da Contabilidade são executados vários procedimentos técnicos, devidamente interrelacionados, possibilitando atingir o objetivo de transmitir aos usuários internos e externos as informações relativas à posição patrimonial, financeira e econômica de uma certa entidade.

Além disso, a Contabilidade pode proporcionar informações úteis aos tomadores de decisões, auxiliando-os na gestão dos negócios.

Com base nos documentos contábeis, comprobatórios dos fatos e atos econômicos-financeiros, é que são geradas as informações que espelharão o resultado da gestão administrativa, no mundo dos negócios e no seu contexto econômico e social.

Portanto, os documentos contábeis são as informações básicas, elementares, "matérias-primas" alimentadoras do sistema de informação contábil.

Em decorrência da natureza das informações geradas pela Contabilidade estas podem ser classificadas em informações operacionais e informações gerenciais (administrativas ou decisórias).

Esta classificação tem importância à medida que se observa a Contabilidade sob a ótica administrativa. Neste ponto ela apresenta-se como instrumento para fins de gestão, por exemplo, quando é preciso decidir qual o melhor curso de ação e como e quando implementá-lo.

Além disso, a Contabilidade é um modo de efetuar controles internos mais adequados, auxiliando o aperfeiçoamento das técnicas administrativas diárias.

Entretanto, quando as organizações crescem e precisam de modernização para se tornarem mais competitivas, os gestores necessitam de mais informações. Nota-se que o meio empresarial busca tomar as melhores decisões possíveis para continuar a existir no mercado econômico-financeiro.

Para tanto há necessidade de efetuar o planejamento do futuro desejado e de meios eficazes para alcançá-los. Porque, prever as ações a serem efetuadas e os resultados que serão obtidos é um modo de estar sempre atento ao mundo externo, interagindo com ele, adaptando-se a ele e então buscar a melhor solução para continuar a produzir bens e serviços que atendam às necessidades da sociedade.

Planejar é uma tarefa difícil e complexa, pois trata de olhar o passado e o presente e procurar antever o futuro, em busca do equilíbrio entre as atividades operacionalizadas e as decisões tomadas, para que o resultado obtido seja o mais próximo possível do previsto.

Quando se tem um conjunto de decisões interdependentes, um sistema de decisões, o planejamento é mais complexo, principalmente porque há uma interrelação entre as decisões, isto é, decidir um caminho de ação implica em pensar nas consequências de outra decisão a ser tomada.

Assim, o planejamento é uma antecipação do processo decisório, porque determina-se o quê, como e quando fazer antes da ação a ser praticada.

A busca da melhor solução ou a determinação de qual(ais) o(s) caminho(s) será(ão) seguido(s), sempre lembrando dos objetivos e metas traçadas e que forma o processo decisório da organização.

Cabe observar que o processo decisório não é apenas o ato de tomar uma decisão, o mais importante está no 'ciclo de decisão', composto de quatro etapas : tomada de decisão, implantação, avaliação e recomendação.

Do ponto de vista administrativo, a Contabilidade deve exercer as funções existentes no processo decisório :

a) dando suporte aos gestores, quanto à forma de interpretar as informações contábeis, operacionais e decisórias, para auxiliar o processo de planejamento geral das atividades da organização;

b) efetuando controles, através da auditoria interna, para proporcionar o bom andamento das demais unidades administrativas, indicando medidas corretivas a serem implantadas.

O sistema de informação contábil deve, assim, ser executado pela "unidade administrativa" denominada Controladoria. Esta deve ser a responsável em gerar informações patrimoniais, econômicas e financeiras , quanto às origens e aplicações dos recursos. Deve ainda, ser responsável pela análise e controle entre o planejado e o executado, bem como deve participar nas deliberações de todos os setores responsáveis pela determinação das políticas e ações a serem seguidas pela organização.

A Controladoria, operacionalizando o sistema de informação contábil, deve estar integrada ao processo decisório das organizações empresariais, cujas principais funções componentes são o planejamento, a direção e o controle das atividades e informações. Assim, essas funções necessitam estar em sintonia e em constante realimentação, de acordo com o fluxo de informações gerado em cada unidade administrativa ou área de atuação da organização.

A Controladoria deve participar na formulação das grandes decisões, como por exemplo : quanto a novos investimentos, quanto à produção de bens e serviços, quanto à qualidade dos produtos, quanto às novas linhas de negócios, quanto à administração de recursos, quanto à análise do ambiente interno e externo político e econômico, quanto à aplicação e verificação dos instrumentos de controle administrativos internos, etc.

Portanto, o sistema de informação contábil terá também, como objetivo básico, a função de proporcionar meios de análise e controle para as diversas áreas de responsabilidade gerencial.

Neste sentido, os diversos sub-sistemas de informações passam a ser os instrumentos de cada gerente ou de cada administrador. Cabe-lhes a execução dos procedimentos e a eles interessam as informações, a coordenação, etc.

Isto vem demonstrar que um processo decisório apresentará melhores resultados quando houver integração entre os vários sub-sistemas de gestão e o sistema de informação contábil.

PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E CUSTO DE OPORTUNIDADE

A Contabilidade e o Planejamento

As informações contábeis devem apoiar o processo decisório das empresas, proporcionando informações operacionais e gerenciais.

Deste modo os gestores poderão efetuar os planos mais amplos, quanto a novos investimentos, novos produtos, novas tecnologias as serem implantadas, etc.

Esses planos normalmente envolvem recursos de grande porte e um certo prazo para sua conclusão. São basicamente concretizados por intermédio da alta administração e demais gestores da organização empresarial.

Independente da estrutura organizacional, o ponto fundamental de uma administração bem sucedida está no planejamento, no processo de formular as decisões antes da ação pré-determinada.

A partir do planejamento haverá a gestão dos recursos, de modo a otimizar os objetivos pré-estabelecidos.

A Contabilidade deve participar do planejamento sempre fornecendo os elementos para a sua análise, gerando informações econômicas e financeiras que possibilitem verificar a real origem e aplicação dos recursos investidos e resultados alcançados pela a organização.

Planejamento Estratégico e Planejamento Operacional

O melhor modo de entender o trabalho de planejamento é classificá-lo conforme os diferentes tipos de ações.

Para as ações que abrangem a maior atenção de toda a organização, e portanto, necessitam de mais "energia" proveniente dos recursos humanos, materiais e financeiros, ocorrem as decisões chamadas de operacionais. Estas procuram a maximização da utilização de todos os recursos e assim fazem as 'engrenagens' funcionarem adequadamente, possibilitando a existência da continuidade das atividades e do ramo de negócios da organização.

Para as decisões operacionais o planejamento envolve a preparação dos orçamentos nas diversas áreas : produção, programação de operações, execução, controle, etc.

Quanto às ações que irão direcionar o rumo dos negócios com relação aos concorrentes, ao governo, aos clientes, aos fornecedores, a novos acionistas e tudo o que se refere à relação organização e meio ambiente externo são de natureza "estratégica". Lidam com questões do tipo : "o quê, como e quando fazer" para atender às necessidades dos usuários externos. Para esta categoria de ações as decisões são estratégicas; são definidas pela alta administração, através do planejamento estratégico, formalizado ou não, dependendo da estrutura organizacional, das pessoas que de fato 'administram' e traçam as linhas de ação.

Ainda, dentro do planejamento estratégico estarão as definições dos objetivos e metas da organização, estará a análise sobre a diversificação de produtos e também a análise de como a organização poderá desenvolver-se e aproveitar de sua atual posição em termos de produtos e mercados.

Ou seja, o planejamento estratégico está relacionado com a missão da organização (onde esta quer "ir"), quais são os objetivos desejados para realizá-la, o que fazer para beneficiar o seu ambiente, qual a solução para os problemas ambientais internos e externos, aproveitando ao máximo as oportunidades que se apresentam, aplicando adequadamente todos os recursos necessários e disponíveis para sua consecução.

Assim, no processo decisório, as estratégias são estabelecidas a partir : (1) da identificação de novas oportunidades ou da reformulação das oportunidades já implementadas; (2) do estabelecimento dos objetivos de ação; (3) da busca das alternativas de ação; (4) da avaliação e escolha da(s) melhor(es) alternativa(s), face às oportunidades analisadas; (5) da formulação de um plano de ação, envolvendo recursos humanos, materiais e financeiros, ou seja, a concepção da estratégia a ser implementada.

O Custo de Oportunidade e o Processo Decisório

O termo "custo de oportunidade" foi desenvolvido na teoria econômica e é empregado em diferentes áreas de negócios.

Para situá-lo no processo decisório, em princípio, vê-se a seguir alguns conceitos:

a) para HORNGREN, o "custo de oportunidade é o sacrifício mensurável de rejeição de uma alternativa; é o montante máximo que poderia ter sido obtido se o bem, serviço ou capacidade produtiva tivessem sido aplicados a outro uso opcional";

b) para CASHIN e POLIMENI, o "(...) custo de oportunidade é definido como a medida do valor dos benefícios que poderiam ter sido obtidos caso se escolhesse um curso alternativo de ação";

c) para JACOBSEN e BACKER, "os custos de oportunidade (...) representam a perda da renda alternativa, como consequência da ação que foi adotada";

d) para PORTERFIELD, os "custos de oportunidade" são os custos implícitos de capital; são as taxas de retorno de outros investimentos acessíveis à empresa, além daqueles já correntes. Isso também inclui as oportunidades dos acionistas em investir fora da empresa, dentro de um leque de oportunidades de consumo;

e) para IUDÍCIBUS, "os custos de oportunidade são valores que poderiam efetivamente ser realizados se os elementos do ativo (produtos terminados, semi-terminados, matérias-primas, etc.) fossem vendidos a terceiros, pelos melhores preços possíveis";

f) para MARTINS, significa "o quanto a empresa sacrificou em termos de remuneração por ter aplicado seus recursos numa alternativa ao invés de em outra; (...) é o quanto se deixou de ganhar por não ter aplicado aquele valor em outra forma de investimento";

Note-se que não há muita diferenciação nas definições, pois que há um conceito comum : o retorno ou o benefício da ação alternativa, sacrificado em função da opção escolhida.

Relacionando-se o custo de oportunidade com o processo decisório, ocorre que neste a decisão tomada é por uma alternativa, e portanto, abandona-se a outra. Ao abandonar uma alternativa perde-se seus benefícios e isto caracteriza o "custo de oportunidade" da alternativa escolhida.

Resumindo tais conceitos pode-se enunciar uma definição, que será seguida neste trabalho: custo de oportunidade compõe-se da mensuração dos benefícios dos recursos aplicados numa alternativa não escolhida, e portanto, quanto o tomador de decisão estará disposto a perder, sacrificar, num processo decisório.

A Contabilidade Financeira, "operacional", não contabiliza o custo de oportunidade. Detém-se em registrar os fatos passados tais como aconteceram, e não se preocupa, e nem pode preocupar-se em saber porque os fatos administrativos ocorridos foram "uns ... e não outros ...".

Já a Contabilidade Gerencial não procurará contabilizar o custo de oportunidade. Mas poderá calculá-lo, analisá-lo e informá-lo aos tomadores de decisões, para que dentre várias alternativas de ação escolham aquela que trouxer o maior benefício líquido esperado e os melhores resultados, face às perspectivas estabelecidas no planejamento.

Quanto ao custo de oportunidade estar relacionado ao planejamento estratégico, vê-se que no processo decisório geral da organização, na maioria das vezes, as decisões estratégicas precisam ser tomadas num contexto de limitação de recursos. Então, deve-se buscar uma solução ótima para a alocação dos recursos, que conduza às melhores performances, para que a empresa atinja seus objetivos de resultados. Desta forma, um dos itens que podem ser utilizados na análise para a escolha da solução ótima é o custo de oportunidade calculado para as diversas alternativas existentes.

A resultante do caminho de avaliação será o início da determinação da direção a ser seguida, de modo a atender aos objetivos estabelecidos e escolhidos entre as várias opções estratégicas, que a empresa selecionar como alvo preferencial ou mais adequado para o momento analisado.

A Programação Linear e o Processo Decisório

A pesquisa operacional é um método matemático desenvolvido durante a segunda guerra mundial, com objetivo de resolver problemas ligados às operações estratégicas e táticas militares. Suas origens mostram sua aplicação na área decisória, sendo empregada nas análises empresariais, principalmente com referência à melhor utilização dos recursos escassos.

Embora a aplicação prática de um modelo matemático seja ampla e complexa, ela fornecerá um conjunto de resultados que possibilitam eliminar parte do subjetivismo existente no processo decisório, quanto à escolha de alternativas de ação.

Uma característica importante da pesquisa operacional, que muito favorece à análise de decisões é o uso de modelos.

Os modelos possibilitam realizar um experimento, isso significa que a decisão poderá ser melhor avaliada e testada antes da decisão final, e portanto, antes da elaboração e implantação de qualquer solução, via planejamento e ação.

Evidente que, o estudo de um sistema real apresenta certa complexidade, pois é influenciado por um grande número de elementos ou variáveis, e ainda pelas questões internas e externas de origem social, política e econômica.

As características do processo decisório terão grande influência na determinação e na utilização de modelos.

Um modelo consiste na representação da realidade, através de variáveis que possibilitam resolver um determinado problema.

Ackoff e Sasieni classificam os modelos em três tipos :

a) icônicos : são os modelos que tratam da representação de imagens, em escala diferente do objeto real de estudo, por exemplo , os modelos de aviões, navios, automóveis;

b) analógicos : utilizam um conjunto de propriedades para representar outro conjunto de propriedades, por exemplo, os gráficos utilizam grandezas geométricas e posições para representar muitas espécies de variáveis e suas relações;

c) simbólicos : representam as variáveis e suas relações através de letras, números e outros tipos de símbolos; são modelos gerais e abstratos, normalmente se apresentam na forma de relações matemáticas, refletindo a estrutura daquilo que reproduzem.

Portanto, a complexidade do processo decisório, aplicado aos negócios empresariais, em alguns casos poderá ser estudada através da pesquisa operacional por meio de modelos simbólicos.

Num exemplo de uma empresa que produza dois produtos, cada um necessitando da mesma mão-de-obra e matéria-prima para o processo de fabricação, o problema da produção poderia ser : quais quantidades de cada produto devem ser produzidas de modo a maximizar o lucro total, face às restrições de mão-de-obra, matéria-prima e demanda ?

Através de um modelo simbólico pode-se identificar os dados de entrada, o modelo propriamente dito, os dados processados e a escolha final, visualizado na figura a seguir :

DADOS DE ENTRADA	-----> MODELO ----->	INFORMAÇÕES FORNECIDAS
. gasto unitário de cada recurso	. processos de produção	. lucro total
. disponibilidades	. relações entre lucros, custos	. contribuição dos produtos para o lucro
. preços	. restrições à utilização de cada recurso	. quantidade a produzir
. demanda		. quantidade utilizada de cada recurso

Assim, o modelo simbólico será composto de variáveis, ou seja, os dados de entrada do problema, bem como dos dados gerados internamente durante o processamento e resolução do modelo, e as informações de saída.

A pesquisa operacional pode auxiliar o processo decisório através do modelo de Programação Linear.

Este modelo é próprio para a resolução de problemas como por exemplo de alocação de recursos escassos para alcançar um certo objetivo.

A Programação Linear lida com tipos especiais de problemas matemáticos, desenvolvendo regras e relações, que objetivam a distribuição dos recursos limitados, sob restrições impostas por aspectos tecnológicos ou práticos, quando deve ser tomada uma decisão de atribuição.

Um tipo de problema para o qual a Programação Linear proporciona uma solução pode ser resumido em : maximizar ou minimizar alguma variável dependente que é função linear de diversas variáveis independentes, sujeitas a muitas restrições. Exemplo : maximizar lucros, retornos de investimentos, vendas; minimizar custos, horas-máquinas, quantidades de estoques de materiais, etc.

Para resolver problemas através do modelo proposto é preciso estruturar uma formulação geral.

Os problemas tratados referem-se à otimização de recursos de uma certa função objetivo "f", sujeita às restrições do sistema e/ou ambiente.

Quando o problema envolve "n" variáveis decisórias e "m" restrições, o modelo pode ser representado, matematicamente, na forma de maximização ou minimização da função objetivo.

Para um problema de maximização :

$$\text{MAXIMIZAR } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

sujeita às restrições :

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

.....

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

sendo obrigatório que :

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0 \text{ (obs.: valores não negativos)}$$

onde :

C_j taxa de contribuição unitária (ex.: utilidades unitárias, custos variáveis, lucros líquidos, etc.);

a_{ij} coeficientes tecnológicos;

b_i recursos limitativos (valores do lado direito da equação, termos independentes, disponibilidades, fatores limitativos);

X_j variáveis decisórias, independentes;

m número de restrições do sistema;

n número de variáveis decisórias do sistema;

Para um problema de minimização :

$$\text{MINIMIZAR } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

sujeita às restrições :

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \geq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \geq b_2$$

$$\dots\dots\dots a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \geq b_m$$

sendo obrigatório que :

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0 \text{ (obs.: valores não negativos)}$$

Os modelos podem tratar da resolução de problemas de maximização ou de minimização, mas nunca ambos ao mesmo tempo.

Programação Linear e Informações de Custos - Um Caso Aplicado

Para ilustrar que tipo de informações de custos a Programação Linear pode proporcionar, são apresentadas a seguir as análises obtidas a partir de um caso aplicado.

A INADAL - Indústria e Comércio de Máquinas Ltda. possibilitou realizar o análise a partir de seus dados de custos.

A INADAL é uma empresa brasileira, sediada na cidade de Osasco (SP), atuante no setor de equipamentos para a indústria alimentícia, fornecendo máquinas e equipamentos para a preparação, pasteurização da mistura e fabricação de sorvetes artesanais e industriais, ou seja, fabricação descontínua e contínua.

Suas linhas de produtos são compostas de cinco modelos de máquinas descontínuas (para 30 a 120 kg/h) e quatro modelos de máquinas contínuas (para 80 a 600 kg/h) para a produção de sorvetes.

Completam tais máquinas outras para a pasteurização, homogeneização, maturação e confecção de picolés, bem como unidades refrigeradoras para a conservação de sorvete, bombas para transferência, filtros e outros acessórios menores.

A tecnologia básica utilizada é de origem italiana, embora tenha havido um grande número de alterações desenvolvidas internamente para atender ao mercado brasileiro.

A fabricação das máquinas obedece ao critério "por encomenda", quanto à montagem da máquina como tal e ao critério "por lote", quanto à usinagem e à estamparia. Por ter processo de produção por encomenda, quanto à montagem, a INADAL não faz grandes estoques de matérias-primas e materiais diretos.

Com os dados de custos procurou-se analisar quais informações que a Programação Linear forneceria, que seriam úteis e relevantes para fins de processo decisório, ou seja, planejamento e controle de programas de produção da empresa.

Os testes foram feitos para a linha de produção de três máquinas, que representam 65%(sessenta e cinco por cento) do faturamento da INADAL.

Os três modelos de máquinas passam pelos mesmos processos de fabricação, aqui denominados : ESTRUTURA, CILINDRO, MANCAL/BIELA/BOMBA, CONJUNTO FRIGORÍFICO, CONJUNTO ELÉTRICO, MONTAGEM, TESTE E EMBALAGEM.

Através do levantamento de dados primários, identificou-se as matérias-primas e materiais diretos relevantes e comuns, bem como quantas horas de mão-de-obra direta aplicada eram fatores limitativos à produção.

O departamento de custos da INADAL informou as quantidades de cada um dos fatores selecionados e as margens de contribuição unitária de cada máquina. Observação : para a aplicação do modelo de Programação Linear usou-se o enfoque de custeio variável, onde dos preços unitários (a vista, sem ICMS e sem IPI) deduziram-se os custos variáveis com matérias-primas, materiais diretos e outros custos indiretos variáveis, obtendo-se a margem de contribuição unitária.

Foram efetuados oito testes de Programação Linear e nestes foram feitas as respectivas análises de sensibilidade, em busca de informações úteis ao processo decisório da INADAL.

Para fins ilustrativos, segue apenas a reprodução integral do teste denominado INA1 e sua respectiva análise de sensibilidade. Quanto aos demais testes, apenas são apresentadas aqui as informações obtidas.

Teste --> INA1 - problema clássico de Programação Linear :

1) qual o mix ótimo de produção que maximiza a Margem de Contribuição Total, quando existem vários recursos limitativos de produção ?

2) qual o custo de oportunidade relacionado à solução ótima do problema ?

Para fins de processamento de dados, utilizou-se :

a) margens de contribuição unitária (em \$ mil, referente a set/92, custeio variável) : GM160 = \$24.148; GM300 = \$ 29.761; GM600 = \$ 59.591;

b) quantidades de matérias-primas e materiais diretos por unidade e limites totais em estoque (em set/92) :

c) total de horas de mão-de-obra direta aplicadas em todos os processos e total de horas disponíveis na fábrica no mês (em set/92):

GM160 = 276 h M.O.D
GM300 = 299 h M.O.D
GM600 = 375 h M.O.D

TOTAL DE h M.O.D. DISPONÍVEIS NA FÁBRICA, NO MÊS : 6000

Através de processamento eletrônico de dados, o Teste INA1 procurou maximizar a função objetivo Margem de Contribuição Total :

$$\text{Max } Z = \$ 24.148 X_1 + \$ 29.761 X_2 + \$ 59.591 X_3,$$

MATÉRIAS-PRIMAS MATERIAIS DIRETOS	E	GM160	GM300	GM600	TOTAL	Un.
1. Chapa Inox 304-11		42,00	65,00	69,20	200,00	Kg
2. Chapa Inox 304-14		17,00	20,00	35,60	160,00	Kg
3. Eletrodo Kestrallit		0,06	0,06	0,06	0,80	Kg
4. Tee Inox		1	1	1	8	Pç
5. Curva Inox 90		1	2	2	4	Pç
6. Eletrodo Inox		0,15	0,20	0,20	4,00	Kg
7. Redutor RV2		1	1	1	6	Pç
8. Polia Promeil		1	1	1	12	Pç
9. Junta Universal JU-20		1	1	1	5	Pç
10. Inox Redondo 5/8"		0,20	0,20	0,20	10,5	Kg
11. Pressostato Fligor		1	1	1	62	Pç
12. Válvula Sol.Gas.Flig		1	1	2	30	Pç
13. Visor Liq. Flig VU-12		1	1	2	12	Pç
14. Solda Silfoscooper		0,10	0,10	0,20	8,00	Kg
15. Solda de Prata 35%		0,05	0,06	0,05	0,55	Kg
16. Botão Rearme		3	3	5	30	Pç
17. Cabo PP 4x6,0 mm		6,00	3,00	18,00	140,00	M
18. Comutadora MD-11		2	2	4	31	Pç
19. Comutadora DM-72		2	2	3	20	Pç
20. Contator D-093ZU		1	1	1	60	Pç
21. Contator D-163ZU		1	1	1	12	Pç
22. Relê D-16321		1	1	1	32	Pç
23. Relê D-09310		1	1	1	16	Pç

onde : X_1 = GM160, X_2 = GM300 e X_3 = GM600 (sejam **não negativos**, pois são quantidades de máquinas a serem produzidas).

Sujeitas às restrições de matérias-primas, materiais-diretos e horas de mão-de obra direta:

A resolução do modelo de Programação Linear forneceu as seguintes informações, para o processo decisório :

(a) MIX ÓTIMO DE PRODUÇÃO

GM160 = 0 unidades
GM300 = 0 unidades
GM600 = 2,89 unidades

C1:	42,00	X ₁	+	65,00	X ₂	+	69,20	X ₃	< =	200,00
C2:	17,00	X ₁	+	20,00	X ₂	+	35,60	X ₃	< =	160,00
C3:	0,06	X ₁	+	0,06	X ₂	+	0,06	X ₃	< =	0,80
C4:	1	X ₁	+	1	X ₂	+	1	X ₃	< =	8
C5:	1	X ₁	+	2	X ₂	+	2	X ₃	< =	43
C6:	0,15	X ₁	+	0,20	X ₂	+	0,20	X ₃	< =	4,00
C7:	1	X ₁	+	1	X ₂	+	1	X ₃	< =	6
C8:	1	X ₁	+	1	X ₂	+	1	X ₃	< =	12
C9:	1	X ₁	+	1	X ₂	+	1	X ₃	< =	5
C10:	0,20	X ₁	+	0,20	X ₂	+	0,50	X ₃	< =	10,50
C11:	1	X ₁	+	1	X ₂	+	1	X ₃	< =	62
C12:	1	X ₁	+	1	X ₂	+	2	X ₃	< =	30
C13:	1	X ₁	+	1	X ₂	+	2	X ₃	< =	12
C14:	0,10	X ₁	+	0,10	X ₂	+	0,20	X ₃	< =	8,00
C15:	0,05	X ₁	+	0,06	X ₂	+	0,05	X ₃	< =	0,55
C16:	3	X ₁	+	3	X ₂	+	5	X ₃	< =	30
C17:	6,00	X ₁	+	3,00	X ₂	+	18,00	X ₃	< =	140,00
C18:	2	X ₁	+	2	X ₂	+	4	X ₃	< =	31
C19:	2	X ₁	+	2	X ₂	+	3	X ₃	< =	20
C20:	1	X ₁	+	1	X ₂	+	1	X ₃	< =	60
C21:	1	X ₁	+	1	X ₂	+	1	X ₃	< =	12
C22:	1	X ₁	+	1	X ₂	+	1	X ₃	< =	32
C23:	1	X ₁	+	1	X ₂	+	1	X ₃	< =	16
C24:	276	X ₁	+	299	X ₂	+	375	X ₃	< =	6000

Este indica que face aos vinte e quatro recursos limitativos, o produto de melhor margem de contribuição unitária é a máquina GM600.

Para a INADAL isso significa que se houver mercado é melhor incentivar a venda desta máquina, porque no momento apresentou a Margem de Contribuição Máxima Total por todos os recursos limitativos;

(b) **MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO MÁXIMA TOTAL (MCMT) = \$ 172.228 (mil)**

Este valor refere-se ao mix de quantidade ótima para as atuais margens de contribuição unitária. Significa quanto o mix ótimo solução, para as máquinas tipo "GM...", pode contribuir para cobrir os custos e despesas fixos totais no mês/ano em questão;

(c) **QUANTIDADES MÍNIMAS DE RECURSOS PARA O MIX ÓTIMO**

As informações da Programação Linear aplicada a INADAL indicam as quantidades de recursos, matérias-primas e mão-de-obra direta, que seriam consumidas para produzir o mix ótimo de produção. Essas informações são úteis para as decisões de planejamento sobre investimentos em estoques de materiais ou sobre a possibilidade de efetuar novas contratações de funcionários.

RECURSOS	QUANTIDADES ATUAIS	QUANTIDADES MÍNIMAS	UN.
C1. Chapa Inox 304-11	200,00	-0,00(*)	Kg
C2. Chapa Inox 304-14	160,00	106,890	Kg
C3. Eletrodo Kestrallit	0,80	0,173	Kg
C4. Tee Inox	8	2,890	Pç
C5. Curva Inox 90	43	5,780	Pç
C6. Eletrodo Inox	4,00	0,578	Kg
C7. Redutor RV2	6	2,890	Pç
C8. Polia Promeil	12	2,890	Pç
C9. Junta Universal JU-20	5	2,890	Pç
C10. Inox Redondo 5/8"	10,50	1,445	Kg
C11. Pressostato Fligor	62	2,890	Pç
C12. Válvula Sol.Gas.Flig	30	5,780	Pç
C13. Visor Liq. Flig VU-12	12	5,780	Pç
C14. Solda Silfoscooper	8,00	0,578	Kg
C15. Solda de Prata 35%	0,55	0,145	Kg
C16. Botão Rearme	30	14,451	Pç
C17. Cabo PP 4x6,0 mm	140,00	52,023	M
C18. Comutadora MD-11	31	11,561	Pç
C19. Comutadora DM-72	20	8,671	Pç
C20. Contator D-093ZU	60	2,890	Pç
C21. Contator D-163ZU	12	2,890	Pç
C22. Relê D-16321	32	2,890	Pç
C23. Relê D-09310	16	2,890	Pç
C24. Horas de Mão-de Obra Direta	6000	1083,815	hMOD

(*) no modelo aplicado o valor "-0,00" indica que os 200 Kg da matéria-prima C1: Chapa Inox 304-11 seriam totalmente consumidos para a produção do mix ótimo.

d) **OUTRAS INFORMAÇÕES**

O modelo também forneceu parâmetros sobre os limites inferior e superior das margens de contribuição do mix ótimo solução :

MODELO	MARGEM ATUAL	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	REDUÇÃO PERMITIDA
GM160	\$ 24.148(mil)	sem limite	\$ 36.168(mil)	sem limite
GM300	\$ 29.761(mil)	sem limite	\$ 55.974(mil)	sem limite
GM600	\$ 59.591(mil)	\$ 39.787(mil)	sem limite	\$ 19.804(mil)

Analisando esse resultados tem-se que, os valores dos limites inferior e superior, para as margens de contribuição unitária, referem-se ao mix ótimo solução do problema INA1, o que significa :

a) se as margens de contribuição unitária forem reduzidas até os limites inferiores indicados, o mix ótimo, em unidades, não se altera; para poder produzir "2,89" unidades de GM600 a margem de contribuição unitária deve ser no mínimo de \$ 39.787 (mil);

b) para os limites superiores valem as mesmas observações; o modelo de Programação Linear indica até quanto a margem poderá ser aumentada e a empresa continuar produzindo o mix que proporciona ao máximo retorno da Margem de Contribuição Total;

Destas considerações, verifica-se que os aumentos ou diminuições nas margens de contribuição unitária são decisões que os gestores deverão tomar observando outros fatores, tais como : preço da concorrência, custos variáveis, política comercial, etc.

Sempre será preciso considerar os "valores" gerados pelo modelo de Programação Linear versus a realidade do mercado, porque este restringe os resultados. A solução do modelo fornece indicadores objetivos que terão muita validade no processo decisório, se cuidadosamente analisados.

1. Custo de Oportunidade Relacionado ao Mix Ótimo

Para determinar o custo de oportunidade relacionado ao mix ótimo, da solução INA1 aplicou-se o modelo na sua abordagem dual. Nesta a função objetivo foi Minimizar os Custos Variáveis Totais (com matérias-primas, materiais diretos e horas de mão-de-obra direta) dos fatores restritivos da produção.

A limitação do modelo testado foi o total dos custos variáveis igual à margem de contribuição total, o que neste caso resultaria um lucro igual a "zero".

Do teste dual, obteve-se :

MODELO	MIX ÓTIMO (unidades)	"PREÇOS-SOMBRA" Custo de Oportunidade (por unidade)	RESTRIÇÕES	TOTAL
GM160	0	0	\$ 24.148(mil)	\$ 0
GM300	0	0	\$ 29.761(mil)	\$ 0
GM600	2,89	2,89	\$ 59.591(mil)	\$ 172.228(mil)

O quadro mostra que os benefícios gerados para produzir o mix ótimo solução (em quantidades) é de \$ 172.228, que é o custo de oportunidade de qualquer outra possível alternativa a ser escolhida.

Por exemplo : se a alta administração da INADAL resolver produzir :

GM160 = 1 unidade ----- = \$ 24.148
 GM300 = 1 unidade ----- = \$ 29.761
 GM600 = 1 unidade ----- = \$ 59.591

a MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO TOTAL será = \$ 113.490

Portanto, o custo de oportunidade desta decisão é de \$ 172.228, ou seja, a margem de contribuição total do mix ótimo solução, da opção rejeitada, onde a melhor alternativa é produzir apenas a máquina GM600.

Outra informação gerada pelo modelo mostra que o recurso limitativo que não possibilita produzir uma unidade de cada modelo é a matéria-prima "Chapa Inox 304-11", cujo total em estoque (200 Kg) seria totalmente consumido para produzir apenas a máquina GM600 (Teste INA1).

Esse tipo de informação indica que a empresa deverá verificar seus estoques e as necessidades de investir (comprar) mais daquela matéria-prima específica, se quiser produzir pelo menos uma unidade de cada um dos modelos de máquinas, pois este fator limitativo está estritamente relacionado ao custo de oportunidade do negócio, problema em análise.

Para os demais testes, de INA2 até INA6, fez-se várias simulações, procurando verificar o comportamento do modelo de Programação Linear e os resultados das análises de sensibilidade quando :

- a) houvesse alterações em alguns limites, quantidades em "estoque", para alguns dos fatores limitativos da produção;
- b) fossem feitas alterações em todos os limites dos recursos aplicados na produção;
- c) fossem alteradas as margens de contribuição unitária;
- d) se um recurso limitativo fosse eliminado, ou seja, deixasse de ser limitativo.

No teste INA7 foram introduzidas as limitações referentes à demanda do mercado, para verificar a possibilidade de produzir pelo menos uma unidade das máquinas GM160 e GM300 e ainda uma ou mais unidades de GM600, sem alterar quaisquer quantidades totais dos recursos limitativos

Embora a solução ótima encontrada tenha sido produzir apenas "2,89" unidades da máquina GM600, introduzindo-se as variáveis da demanda concluiu-se que a solução poderia ser, produzir :

GM160 = 1 unidades
 GM300 = 1 unidades
 GM600 = 1 unidades

Ainda efetuou-se mais um teste, e se a demanda fosse : GM160 = 1 unidade; GM300 = 2 unidades, quanto seria possível fabricar de GM600, sem investir em novos recursos ("estoques") ?

Para este caso, a Programação Linear proporcionou o seguinte mix ótimo solução :

GM160 = 1 unidades
GM300 = 2 unidades
GM600 = "0,40" unidades

Este resultado mostra que a INADAL pode escolher qual a quantidade de cada modelo de máquina melhor atende sua demanda, mas , sem investir em "novos estoques" a tomada de decisão sobre o quanto fabricar muda de figura. Para ter uma idéia, o fator limitativo, que neste caso impede a fabricação do modelo GM600 é o "Botão Rearme".

As outras informações obtidas do modelo mostram qual o total de margem de contribuição e quais são as quantidades mínimas de recursos necessários para cada mix solução. Apresenta também quanto "sobra" em estoque de recursos para produzir novo mix , se assim desejado.

Com a simulação final (INA8) procurou-se testar se houvesse alteração da quantidade do fator limitativo "Botão Rearme", suficiente para produzir GM600 = 1 unidade, e não "0,40" de produto semi-acabado, qual seria :

- a) a Margem de Contribuição Máxima Total do mix ótimo ?
- b) qual o custo de oportunidade relacionado a esta solução ?

Como resultado do teste INA8, observou-se que repondo o estoque do recurso limitativo, seria possível fabricar pelo menos uma unidade da máquina GM600. A Margem de Contribuição Máxima Total para esta solução é de \$143.261 (mil), o que deverá ser objeto de análise para a escolha do melhor mix de produção, juntamente com a análise do custo de oportunidade de cada teste efetuado.

Estas informações seriam úteis para tomar uma decisão sobre a vantagem de investir na reposição do estoque do "Botão Rearme" que levasse a concluir uma unidade acabada da máquina GM600, ou então, manter os atuais níveis de estoque de recursos.

Note-se que, através do modelo de Programação Linear, abordagem dual, a análise do custo de oportunidade informa um parâmetro objetivo (solução matemática), que pode ser considerada conjuntamente a outros indicadores obtidos pela análise de sensibilidade do processo decisório, desde o planejamento até o resultado final.

CONCLUSÕES

Com os dados fornecidos pela INADAL - Indústria e Comércio de Máquinas Ltda. aplicou-se o modelo de Programação Linear para um dos problemas clássicos de determinação do mix ótimo de quantidades de produção para uma certa linha de produtos, perante as várias limitações dos recursos produtivos, buscando :

- a) a maximização da margem de contribuição total;
- b) a verificação do custo de oportunidade relacionado à solução ótima, através da minimização dos custos variáveis.

Efetuada-se vários testes, comprovou-se que o modelo fornece uma série de informações de custos e de resultados, que são relevantes para o processo de análise e decisão de cursos alternativos de ação, que os gestores poderão utilizar para :

a) fins de planejamento, por exemplo, quanto produzir de cada produto quando há limitações de recursos; quanto é possível reduzir nas margens de contribuição que ainda torne o preço de venda unitário viável em relação à concorrência do mercado;

b) fins de controle de recursos limitativos e respectivos custos, quanto ao mix de produção desejado, o que auxiliará a análise das alternativas de investimentos de recursos financeiros em estoques de matérias-primas, materiais diretos de produção, bem como sobre a contratação de horas de mão-de obra direta.

Todos estes fatores demonstram que a aplicação dos modelos matemáticos e dos métodos quantitativos na avaliação de custos, pode auxiliar à tomada de decisões, num contexto de limitação de recursos, procurando evitar desperdícios, melhorar a qualidade e a produtividade, analisar preços praticados versus preços da concorrência, dentre outras decisões de natureza estratégica.

Deste modo evidencia-se que através da Contabilidade Gerencial a Controladoria apresenta sua relevância e importância no processo de gerar e controlar as informações que auxiliarão o sistema decisório das organizações.

BIBLIOGRAFIA

ACKOFF, Russel L.; SASIENI, Maurice W. - **Pesquisa Operacional**, págs. 70-71; tradução de José L.M.Marques e Cláudio G. Reis; Rio de Janeiro : LTC, 1971.

ACKOFF, Russel L. - **Planejamento Empresarial**; tradução de Marco Túlio de Freitas, Rio de Janeiro : LTC, 1976.

ANDRADE, Eduardo Leopoldino - Introdução à Pesquisa Operacional, pág. 17; Rio de Janeiro : LTC, 1990.

BACKER, Morton e JACOBSEN, L.E. - **Contabilidade de Custos**, Volume II, pág. 256; tradução de Pierre Louis Laporte, São Paulo : McGraw Hill, 1976.

BIERMAN Jr., Harold; BONINI, Charles P. - **Quantitative Analysis for Business Decisions**; Illinois : Richard D. Irwin, 4th edition, 1973.

CARASTAN, Jacira Tudora - **Uma Análise da Utilidade da Programação Linear sob o Enfoque Contábil-Gerencial**; Tese de Doutorado apresentada a Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade - USP, São Paulo : 1993.

CARLSON, Christopher K. - **Information Management Approach and Support to Decision-Making**; Information & Management, North-Holland, Vol.15, Number 3, October, 1988.

CASHIN, J.A. e POLIMENI, P.S. - **Curso de Contabilidade de Custos**, Volume 1, págs. 29-30; tradução de Sara Gedanke, São Paulo : McGraw Hill, (c) 1982.

HORNGREN, Charles T. - **Contabilidade de Custos - Um Enfoque Administrativo**, Volume 1, pág. 528; tradução de Danilo A. Nogueira, São Paulo : Atlas, 1978.

IUDÍCIBUS, Sérgio de - **Contribuição para Avaliação dos Estoques a Preços Correntes**; pág. 58; Tese de Doutorado apresentada a Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade - USP, São Paulo : 1966.

KAPLAN, Robert S. - **Quantitative Models for Management Accounting in Today's Production Environment**; Research and Current Issues in Management Accounting; s/l : Michael Bromwich and Anthony G. Hopwood; s/d.

----- **Linear Programming w/Bounded Variables** - User's Manual for The IBM PC, Version 7.08; Virginia : September, 1987.

LEE, Sang; SHIM, Jung - **Micro Management Science - Microcomputer Applications of Management Science**; Massachusets : Allyn and Bacon, 2nd edition, (c) 1990.

MARTINS, Eliseu - **Contabilidade de Custos**, pág. 244; São Paulo : Atlas, 1984.

PORTERFIELD, James T.S. - **The Price System and Resource Allocation**, 3rd edition, pág. 65; New York : Holt, Rinehart and Wiston, (c) 1966.