

Integração entre o custeio baseado em atividades e a programação dinâmica na análise de restrições produtivas

Fabiano Maury Raupp (UDESC) - fabianoraupp@hotmail.com

Resumo:

A análise de restrições produtivas deve estar alicerçada em instrumentos capazes de fornecer informações cada vez mais acuradas. Fatores como a determinação do custo do produto tem-se apresentado frágeis em muitas empresas. Para amenizar as distorções da alocação arbitrária dos custos indiretos, algumas empresas têm implantado o custeio baseado em atividades – ABC, que procura substituir o critério de rateio pelo rastreamento. Além disso, a análise de restrições pode ser subsidiada por instrumentos da pesquisa operacional, como a programação dinâmica, principalmente em razão de limitações na capacidade produtiva e escolha de mix de produção. Assim, o artigo tem por objetivo discutir restrições produtivas em uma empresa industrial por meio do custeio baseado em atividades e da programação dinâmica. Para tanto, está estruturado de modo que inicialmente faz uma incursão teórica no custeio baseado em atividades e na programação dinâmica. Em seguida, apresenta os procedimentos metodológicos. Na sequência, infere sobre a integração entre o custeio baseado em atividades e a programação dinâmica através da proposição em um caso real. Por fim, apresenta conclusões sobre o estudo.

Palavras-chave: Restrições produtivas. Custeio baseado em atividade. Programação dinâmica.

Área temática: Aplicação de Modelos Quantitativos na Gestão de Custos

Integração entre o custeio baseado em atividades e a programação dinâmica na análise de restrições produtivas

Resumo

A análise de restrições produtivas deve estar alicerçada em instrumentos capazes de fornecer informações cada vez mais acuradas. Fatores como a determinação do custo do produto tem-se apresentado frágeis em muitas empresas. Para amenizar as distorções da alocação arbitrária dos custos indiretos, algumas empresas têm implantado o custeio baseado em atividades – ABC, que procura substituir o critério de rateio pelo rastreamento. Além disso, a análise de restrições pode ser subsidiada por instrumentos da pesquisa operacional, como a programação dinâmica, principalmente em razão de limitações na capacidade produtiva e escolha de *mix* de produção. Assim, o artigo tem por objetivo discutir restrições produtivas em uma empresa industrial por meio do custeio baseado em atividades e da programação dinâmica. Para tanto, está estruturado de modo que inicialmente faz uma incursão teórica no custeio baseado em atividades e na programação dinâmica. Em seguida, apresenta os procedimentos metodológicos. Na sequência, infere sobre a integração entre o custeio baseado em atividades e a programação dinâmica através da proposição em um caso real. Por fim, apresenta conclusões sobre o estudo.

Palavras-chave: Restrições produtivas. Custeio baseado em atividade. Programação dinâmica.

Área Temática: aplicação de modelos quantitativos na gestão de custos.

1 Introdução

As características do cenário econômico atual exigem das empresas formulações estratégias direcionadas à sobrevivência no mercado. Tais formulações intentam para a tomada de decisões cujos resultados deverão assegurar a aplicação de novos capitais na empresa, bem como a distribuição de recursos aos investidores. Em um estágio posterior, acompanhando ou não o ciclo de vida da organização, as empresas buscam expandir o negócio, cujos objetivos diferem do estágio anterior.

Essas questões podem não estar relacionadas ao ciclo de vida, mas à situações momentâneas da própria conjuntura. Isto significa que mesmo estando em fase de expansão, novas características poderão emergir, e as atenções poderão voltar-se novamente para a sobrevivência da empresa.

Trata-se de um ambiente de intensa instabilidade. Para tanto, um dos desafios é o de integrar as diferentes áreas organizacionais a fim de que os objetivos individuais e específicos possam contribuir para o desenvolvimento da organização na sua totalidade.

As decisões de produção deverão estar alicerçadas em instrumentos capazes de fornecer informações cada vez mais acuradas. Estas decisões vão desde quantificação de lotes de produção, estoques mínimos, fornecedores de matéria-prima, necessidade de mão-de-obra especializada ou não, itens que precisam ser programados, controlados ao longo do processo, e avaliados para identificar possíveis desvios e/ou ineficiências.

Não menos relevante é a apuração do custo do produto, do qual decorrerão várias decisões empresariais. O custo do produto poderá influenciar a formação do preço de venda, percentuais de lucratividade, estimativas orçamentárias, cortes de produtos, fabricação ou terceirização.

No entanto, a determinação do custo do produto tem-se apresentada precária em muitas empresas. Os gestores de micro ou pequenas empresas, quando determinam o custo do

produto, fazem muitas vezes com base no *feeling* para o negócio. Já as médias ou grandes empresas tendem a buscar sistemas sofisticados, integrados ou não com as demais áreas empresariais, para apurar o custo do produto.

Aliado ao instrumento utilizado para terminar o custo do produto, outros elementos que poderão dificultar e, em alguns momentos distorcer o custo do produto, são as tipologias de custos existentes. Tem sido crescente a proporção daqueles custos que só podem ser alocados aos produtos por meio de critérios de rateio, os custos indiretos. Para tentar reduzir as distorções da alocação arbitrária dos custos indiretos, algumas empresas têm implantado o custeio baseado em atividades – ABC, que procura substituir o critério de rateio pelo rastreamento.

As decisões de produção também podem ser subsidiadas pela pesquisa operacional. Em determinados momentos as empresas precisam trabalhar abaixo de sua capacidade de produção, em razão de limitações ou restrições na capacidade produtiva. Assim, precisam decidir quais produtos devem ser produzidos, bem como o *mix* de produção.

Nesse sentido, o artigo tem por objetivo discutir restrições produtivas em uma empresa industrial por meio do custeio baseado em atividades e da programação dinâmica. Estudos desta natureza são importantes visto a carência de pesquisas realizadas e publicadas sobre esta temática, aumentando, assim, a contribuição desta investigação. O estudo ganha importância prática à medida que proporciona subsídios para o desempenho dos gestores, no momento em que contribui para subsidiar decisões de produção.

O artigo está estruturado de modo que inicialmente faz uma incursão teórica no custeio baseado em atividades e na programação dinâmica. Em seguida, apresenta os procedimentos metodológicos. Na sequência, infere sobre as restrições produtivas por meio do custeio baseado em atividades e da programação dinâmica através da proposição em um caso real. Por fim, apresenta conclusões sobre o estudo.

2 Custeio baseado em atividades

As decisões de produção muitas vezes baseiam-se em informações de custos. Segundo Atkinson et al. (2000), a análise adequada dos custos do produto é importante para determinar o *mix* de produtos mais lucrativos.

Sobre a utilização do custeio baseado em atividades para determinar melhor a combinação de produtos, Maher (2001, p.501) afirma que o ABC “fornece bom entendimento do custo de fabricar um produto. Utilizando informações originárias desse sistema, os administradores podem tomar decisões sobre a combinação de produtos que deverão ser fabricados”.

VanDerbeck e Nagy (2003) aduzem que o ABC considera atividades que não estão relacionadas ao volume e que criam custos indiretos de fabricação. Em uma fábrica que produz vários produtos, uma parte substancial dos custos indiretos de fabricação pode ser mais em função da complexidade do produto em fabricação do que do número do que do número de unidades produzidas.

Segundo Padoveze (2006), o ABC preocupa-se com os custos indiretos ou fixos, objetivando identificar primeiramente os elementos causadores de seu consumo e, posteriormente, promover a alocação aos produtos. Se os custos variáveis e diretos forem alocados corretamente não há necessidade de um tratamento diferenciado para esses elementos.

Quanto ao campo de aplicação, o ABC é aplicável à qualquer empresa. Kaplan e Cooper (1998) afirmam que, embora o ABC tenha suas origens nas fábricas, atualmente muitas empresas de serviços também estão obtendo grandes benefícios com o uso dessa abordagem.

Nakagawa (2001) explica que o ABC é um método de análise de custos que busca rastrear os gastos de uma empresa para analisar e monitorar as diversas rotas de consumo de recursos diretamente identificáveis com suas atividades mais relevantes, e destas para os produtos e serviços.

Para Chalos (1992), os custos nos negócios devem ser primeiro alocados no nível de atividades e de lá então para determinado produto. Os custos acumulados sob uma atividade são determinados para o produto usando direcionador de custo.

No custeio ABC, a atividade é considerada o fulcro do processo de custos. Os custos são levados de uma atividade aos produtos determinando-se a parcela da atividade dedicada a cada produto. A base de apropriação do custo é uma medida de atividade desempenhada (SAKURAI, 1997).

Atividades são um conjunto de tarefas executadas por vários departamentos ou setores da organização que tem como função a transformação de recursos em bens ou serviços. Para Brimson (1996), uma atividade descreve o modo como uma empresa emprega seu tempo e recursos para alcançar os objetivos empresariais. Atividades são processos que consomem recursos substanciais para gerar uma produção.

Para cada atividade deve-se atribuir o respectivo custo e um direcionador. Segundo Brimson (1996), o custo de uma atividade inclui todos os fatores de produção empregados para desempenhá-la.

A atribuição dos custos às atividades pode ser feita, de acordo com Martins (2003), com a seguinte ordem de prioridade: a) alocação direta (quando existe uma identificação clara, direta e objetiva de certos itens de custos com certas atividades); b) rastreamento (alocação com base na identificação da relação de causa e efeito entre a ocorrência da atividade e a geração dos custos); e c) rateio (realizado apenas quando não há a possibilidade de utilizar nem a alocação direta nem o rastreamento).

A acurácia da alocação nos sistemas ABC é maior que nos sistemas tradicionais, visto que há uma ênfase na escolha dos direcionadores. Os direcionadores possuem uma relação de causa-efeito com as atividades e os recursos consumidos (HORNGREN, SUNDEM e STRATTON, 2004).

O direcionador de custos ou *cost drivers* é a causa que determina a ocorrência de uma atividade, ele é a verdadeira causa básica dos custos. Nakagawa (1994, p.74) define *cost driver* como:

uma transação que determina a quantidade de trabalho (não a duração) e, através dela, o custo de uma atividade. Definido de outra maneira, *cost driver* é um evento ou fator causal que influencia o nível e o desempenho de atividades e o consumo resultante de recursos.

Os direcionadores de custos possibilitam alocar os recursos às atividades e em seguida aos objetos de custo. Existem dois tipos de direcionadores de custos: os direcionadores de recursos (*primeiro estágio*) e direcionadores de atividades (*segundo estágio*). Os direcionadores de recursos são aqueles que direcionam os recursos às atividades, e os direcionadores de atividades direcionam o custo das atividades aos objetos de custo.

Esse sistema não substitui o sistema tradicional para fins de avaliação de estoques. Portanto, o custeio baseado em atividades é utilizado para fins gerenciais, como suporte ao processo de tomada de decisões.

3 Programação dinâmica

Dentre as possibilidades utilizadas pela Contabilidade na otimização dos resultados está a pesquisa operacional. Para Ehrlich (1991, p.13), a pesquisa operacional “é uma metodologia de estruturar processos aparentemente não estruturados por meio da construção de modelos. Utiliza um conjunto de técnicas quantitativas com o intuito de resolver os

aspectos matemáticos dos modelos”.

Os estudos iniciais em Pesquisa Operacionais (P.O.) advêm das décadas de 50 e 60, com o avanço matemático e computacional. Também a II Guerra Mundial alavancou o desenvolvimento da P.O., pois os exércitos precisavam ser abastecidos de mantimentos e munição onde quer que estivessem. No decorrer do século XX a P.O. foi sendo aperfeiçoada nos países do primeiro mundo, sendo utilizada como uma nova ciência de eficácia e eficiência.

Daft (1999, p.486) define a pesquisa operacional como “um conjunto de modelos de decisão com bases quantitativas utilizadas para auxiliar quem toma decisões”. A pesquisa operacional se propõe, na área gerencial, à criação de modelos na solução de problemas das organizações. Porém, cita-se como limitação desta técnica a ambigüidade e subjetividade de muitas das suas decisões e a possibilidade desta não refletir a realidade da situação organizacional.

Hillier e Lieberman (1988) resumem as fases de um estudo de pesquisa operacional em: formulação do problema; construção de um modelo matemático para representar o sistema em estudo; cálculo de uma solução a partir do modelo; teste do modelo e da solução derivada dele; estabelecimento do controles sobre a solução; pôr a solução para funcionar: implementação.

Existem diversas ferramentas que auxiliam a estruturar os modelos de resolução de problemas na P.O. como: análise de séries temporais, programação linear, programação PERT, matriz *payoff* e modelos de simulação. Entre estas pode ser destacada, como auxílio na otimização de recursos pela Contabilidade, a programação dinâmica.

Quando se pretende analisar problemas operacionais, é conveniente considerar a idéia de um sistema, que tem um número de estados possíveis, e que evolui por estes estados. Por exemplo, num problema de manutenção e substituição de equipamentos, a máquina pode ser o sistema, e um estado pode ser definido por sua idade ou conservação.

Problemas operacionais desse tipo podem ser resolvidos através da programação dinâmica. Portanto, percebe-se a existência de dois tipos de problemas solucionados pela mesma. No primeiro, as variáveis de estados são discretas e o período de otimização finito, ou seja, problemas reais da engenharia e das ciências sociais que o sistema apresenta um estado inicial conhecido, sujeito a leis de controle também conhecidas. Este tipo de problema é chamado de determinístico. Em outros, as leis de controle são sujeitas à atuação da natureza. Estes são os chamados problemas probabilísticos.

Cabe lembrar que todo problema de programação dinâmica pode ser estruturado e desenvolvido com o auxílio de *softwares*. Embora os sistemas desenvolvidos para tal fim sejam específicos para cada problema, em linhas gerais a estrutura é a mesma. Ehrlich (1991, p.219) cita que:

a programação dinâmica é uma técnica muito empregada em problemas que envolvem a otimização de problemas que podem ser modulados por uma seqüência de estados. Pode ser aplicada indiferentemente tanto a problemas lineares como a problemas não-lineares. Sua aplicabilidade é bastante geral, isto é, os tipos de problemas de programação solúveis por esta técnica são muitos, embora o método não seja sempre o mais eficiente.

Verifica-se, portanto, que a programação dinâmica mostra-se como uma técnica destinada a otimizar processos de decisão de multiestágios. Bronson (1985, p.160) explica que:

um processo de multiestágios é um processo que pode ser desdobrado segundo um certo número de etapas seqüenciais, ou estágios, os quais podem ser completados de uma ou de diversas maneiras. As opções para se completarem os estágios são chamadas de decisões. Uma política é uma seqüência de decisões – uma decisão para cada estágio de processo. A

condição do processo num dado estágio é dita o estado neste estágio. Cada decisão efetua uma transição do estado corrente para o estado associado ao estágio seguinte. Um processo de decisão multiestágio é finito se houver apenas um número finito de estágios no processo e um número finito de estágios associados a cada estágio.

Muitos desses processos de decisão de multiestágios apresentam retornos. Infere-se que o objetivo da análise de tais processos é a determinação de uma política ótima – a que resulte no melhor retorno total.

4 Procedimentos metodológicos

No tocante à tipologia relacionada aos objetivos, esta pesquisa consiste de um estudo do tipo exploratório. Gil (1999) destaca que a pesquisa exploratória é desenvolvida no sentido de proporcionar uma visão geral acerca de determinado fato. Portanto, este tipo de pesquisa é realizado, sobretudo, quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil formular hipóteses precisas e operacionalizáveis.

No que concerne aos procedimentos, refere-se a um estudo de caso. Bruyne, Herman e Schoutheete (1991) afirmam que o estudo de caso justifica a sua importância por reunir informações numerosas e detalhadas com vistas à apreender a totalidade de uma situação. A riqueza das informações detalhadas auxilia num maior conhecimento e numa possível resolução de problemas relacionados ao assunto estudado.

Em relação à abordagem do problema, o estudo utilizou-se da abordagem quali-quantitativa. Minayo (2002) menciona que o foco das Ciências Sociais está no estudo qualitativo, na medida que caminha para o universo de significações. Entende a metodologia de pesquisa qualitativa como capaz de incorporar questões e intencionalidades como inerentes aos atos, relações e às estruturas sociais.

No que concerne à abordagem quantitativa, Richardson (1999, p.70) afirma que:

caracteriza-se pelo emprego de quantificação tanto nas modalidades de coletas de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas, desde as mais simples como percentual, média, desvio-padrão, às mais complexas, como coeficiente de correlação, análise de regressão etc.

O instrumento de coleta de dados consistiu de uma entrevista semi-estruturada realizada com o gestor de custos. Segundo Gil (1999), há algumas razões para que a pesquisa social utilize com intensidade a entrevista na coleta de dados, dentre elas: a entrevista possibilita a obtenção de dados referentes aos mais diversos aspectos da vida social; a entrevista é eficiente para a obtenção de dados em profundidade; e os dados obtidos são suscetíveis de classificação e de quantificação.

Na análise dos dados coletados optou-se pela técnica de análise de conteúdo. Bardin (1979, p.31, *apud* RICHARDSON, 1999, p.176) define análise de conteúdo como:

um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, através de procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição de conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam inferir conhecimentos relativos às condições de produção dessas mensagens.

As técnicas de coleta e análise dos dados abordadas são amplamente empregadas nas Ciências Sociais em virtude de diversos trabalhos nesta área demandarem uma abordagem quali-quantitativa.

5 Proposta de análise de restrições produtivas por meio do custeio baseado em atividades e da programação dinâmica

A empresa objeto desse estudo é do ramo industrial, cujo nome não se declina por

razões diversas. É especializada na confecção de móveis de pedra, fabricante de mesas para jardim, cadeiras para jardim, mesas para sala, e cadeiras para sala.

No início de sua atuação, fabricava apenas para clientes situados no Estado onde está instalada. Atualmente, além de atender a clientes nacionais, exporta para países europeus e para os Estados Unidos.

Para analisar as restrições produtivas na empresa, primeiramente propôs-se uma estruturação do processo de alocação dos custos aos produtos por meio do custeio baseado em atividades. Optou-se por esta metodologia em razão da representatividade dos custos indiretos de fabricação, além da empresa possuir uma estrutura organizacional dividida em departamentos, facilitando a identificação de atividades e direcionadores. Na sequência, foi sugerido o uso da programação dinâmica a fim de decidir o *mix* de produtos que trará um retorno maior para a empresa.

5.1 Estrutura do sistema ABC para a empresa objeto de estudo

A configuração do sistema de custos fundamentado no ABC contemplou as seguintes etapas: identificação dos custos; definição das atividades relevantes; alocação dos custos às atividades; e alocação dos custos das atividades aos produtos.

Etapa 1: Identificação dos custos

No período analisado, foram identificados os custos diretos e indiretos incorridos. Na Tabela 1 apresenta-se o custo direto dos produtos.

Tabela 1 – Custo direto dos produtos

PRODUTO	QUANTIDADE PRODUZIDA	CUSTO DIRETO UNITÁRIO		
		Matéria-Prima	MOD	Custo Direto
Mesa Jardim	12	350,00	300,00	650,00
Cadeira Jardim	36	125,00	110,00	235,00
Mesa Sala	9	450,00	400,00	850,00
Cadeira Sala	54	175,00	150,00	325,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Além do custo direto, os seguintes custos indiretos de fabricação foram identificados: energia elétrica R\$ 10.000,00; supervisão da produção R\$ 3.000,00; depreciação R\$ 7.000,00; material de consumo R\$ 4.000,00.

Etapa 2: Definição das atividades relevantes

A empresa possui uma estrutura produtiva dividida em quatro departamentos: corte e furação; apicuamento e lixação; colagem e acabamento; e embalagem. Para cada departamento foram definidas as respectivas atividades relevantes, conforme Quadro 1.

DEPARTAMENTO	ATIVIDADES
Corte e Furação	Cortar a pedra
	Furar a pedra
Apicuamento e lixação	Retalhar a pedra
	Lixar a pedra
Colagem e Acabamento	Montar as peças
	Pintar o produto
	Encerar o produto
Embalagem	Embalar o produto

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 1 – Departamentos e suas respectivas atividades

A identificação das atividades foi facilitada em virtude da empresa já possuir uma estrutura organizacional dividida em departamentos. As atividades arroladas evidenciam o processo produtivo, desde o início até a finalização do produto.

Etapa 3: Alocação dos custos às atividades

A ênfase da utilização do ABC está na alocação dos custos indiretos de fabricação. O custo com energia elétrica e supervisão da produção foram alocados às atividades por meio de rastreamento. Já a depreciação e os materiais de consumo foram apropriados por meio de alocação direta. Na Tabela 2 apresenta-se a distribuição dos custos indiretos às atividades.

Tabela 2 – Distribuição dos custos indiretos às atividades

ITEM DE CUSTO	ATIVIDADE	CUSTO ALOCADO À ATIVIDADE
Energia Elétrica - rastreamento com base nas horas máquinas utilizadas	Cortar a pedra	4.000,00
	Furar a pedra	2.000,00
	Lixar a pedra	3.000,00
	Encerar o produto	1.000,00
	TOTAL	10.000,00
Supervisão - rastreamento com base nas horas disponibilizadas à cada atividade	Cortar a pedra	500,00
	Furar a pedra	200,00
	Retalhar a pedra	500,00
	Lixar a pedra	100,00
	Montar as peças	400,00
	Pintar o produto	500,00
	Encerar o produto	400,00
	Embalar o produto	400,00
	TOTAL	3.000,00
Depreciação - alocação direta por meio de análise do imobilizado	Cortar a pedra	3.000,00
	Furar a pedra	2.000,00
	Lixar a pedra	1.500,00
	Encerar o produto	500,00
	TOTAL	7.000,00
Material de consumo - alocação direta por meio de requisição de material	Cortar a pedra	900,00
	Furar a pedra	800,00
	Lixar a pedra	1.000,00
	Pintar o produto	1.100,00
	Encerar o produto	200,00
	TOTAL	4.000,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Depois de alocados os custos indiretos às atividades é possível conhecer o custo de cada atividade. Para obter tal valor, basta somar os diferentes custos indiretos alocados em cada atividade.

Etapa 4: Alocação dos custos das atividades aos produtos

A alocação dos custos das atividades aos produtos requer a identificação dos respectivos direcionadores. Na Tabela 3 apresenta-se o custo total de cada atividade e o direcionador escolhido.

Tabela 3 – Custo total de cada atividade e o direcionador escolhido

ATIVIDADE	CUSTO TOTAL	DIRECIONADOR
Cortar a pedra	8.400,00	Tempo de corte
Furar a pedra	5.000,00	Tempo de furação
Retalhar a pedra	500,00	Tempo de apicamento
Lixar a pedra	5.600,00	Tempo de lixação
Montar as peças	400,00	Tempo de montagem
Pintar o produto	1.600,00	M ³ da pedra
Encerar o produto	2.100,00	M ³ da pedra
Embalar o produto	400,00	Tempo para Embalar
TOTAL	24.000,00	---

Fonte: Dados da pesquisa.

Depois de identificar o direcionador de cada atividade, faz-se necessário verificar a quantidade de direcionadores para cada produto, conforme é demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Discriminação da quantidade de direcionadores para cada produto

DIRECIONADOR	PRODUTOS				TOTAL
	Mesa Jardim	Cadeira Jardim	Mesa Sala	Cadeira Sala	
Tempo de corte	200h	950h	300h	1170h	2620h
Tempo de furação	170h	940h	250h	1155h	2515h
Tempo de apicamento	100h	895h	200h	1110h	2305h
Tempo de lixação	200h	740h	290h	1150h	2380h
Tempo de montagem	100h	630h	200h	720h	1650h
M ³ da pedra	15.000 m ³	37.500 m ³	22.500 m ³	48.000 m ³	123000 m ³
M ³ da pedra	15.000 m ³	37.500 m ³	22.500 m ³	48.000 m ³	123000 m ³
Tempo para Embalar	50h	300h	90h	320h	760h

Fonte: Dados da pesquisa.

O custo das atividades atribuído aos diferentes produtos é obtido dividindo-se o custo total de cada atividade pelo total de direcionadores da atividade. O valor resultante é multiplicado pela quantidade de direcionadores da atividade em cada produto. Na Tabela 5 apresenta-se o custo das atividades atribuído aos diferentes produtos.

Tabela 5 – Custo das atividades atribuído aos diferentes produtos

ATIVIDADES	PRODUTOS				CUSTO DA ATIVIDADE
	Mesa Jardim	Cadeira Jardim	Mesa Sala	Cadeira Sala	
Cortar a pedra	641,22	3.045,80	961,83	3.751,15	8.400,00
Furar a pedra	337,97	1.868,79	97,02	.296,22	5.000,00
Retalhar a pedra	21,69	194,14	3,38	40,78	500,00
Lixar a pedra	470,59	1.741,18	82,35	2.705,88	5.600,00
Montar as peças	24,24	152,73	48,48	74,55	400,00
Pintar o produto	195,12	487,80	92,68	24,39	1.600,00
Encerar o produto	256,10	640,24	384,15	819,51	2.100,00
Embalar o produto	26,32	157,89	47,37	168,42	400,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Para obter o custo indireto unitário de cada atividade alocado à cada produto é necessário dividir o custo de cada atividade apropriado ao produto pelo número de unidades produzidas. Este resultado é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Custo indireto unitário de cada produto

ATIVIDADES	PRODUTOS			
	Mesa Jardim	Cadeira Jardim	Mesa Sala	Cadeira Sala
Cortar a pedra	53,44	84,61	106,87	69,47
Furar a pedra	28,16	51,91	55,22	42,52
Retalhar a pedra	1,81	5,39	4,82	4,46
Lixar a pedra	39,22	48,37	75,82	50,11
Montar as peças	2,02	4,24	5,39	3,23
Pintar o produto	16,26	13,55	32,52	11,56
Encerar o produto	21,34	17,78	42,68	15,18
Embalar o produto	2,19	4,39	5,26	3,12
Custo Indireto Unitário	164,44	230,24	328,59	199,65

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir do custo indireto unitário de cada produto, demonstrado na Tabela 6, e os custos diretos anteriormente mencionados, pode-se obter o custo unitário total de cada produto, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Custo unitário de cada produto

PRODUTO	CUSTO INDIRETO UNITÁRIO	CUSTO DIRETO UNITÁRIO			CUSTO UNITÁRIO TOTAL
		Matéria-prima	MOD	Custo direto	
Mesa Jardim	164,44	350,00	300,00	650,00	814,44
Cadeira Jardim	230,24	125,00	110,00	235,00	465,24
Mesa Sala	328,59	450,00	400,00	850,00	1.178,59
Cadeira Sala	199,65	175,00	150,00	325,00	524,65

Fonte: Dados da pesquisa.

A apropriação dos custos aos produtos por meio do custeio baseado em atividades tende a ser menos arbitrária quando comparada com a alocação por meio do custeio por absorção (tradicional), em razão deste último apropriar os custos indiretos a partir de critérios de rateio.

Após sistematizar o processo de alocação dos custos por meio do custeio baseado em

atividades, faz-se necessário estruturar o modelo de programação dinâmica a fim de analisar o *mix* de produção na empresa em estudo.

5.2 Estrutura do modelo de programação dinâmica

A proposição do modelo de programação dinâmica para a empresa objeto de estudo intenta para a análise de restrições produtivas a fim de escolher o *mix* de produtos que trará um retorno maior para a empresa. O retorno considerado neste caso é o Lucro Bruto obtido em cada produto.

Para fins de simplificação, o Lucro Bruto foi apurado a partir da diferença entre o Preço de Venda de cada produto e o Custo do Produto Vendido. Por sua vez, o Custo do Produto Vendido foi obtido por meio do custeio baseado em atividades. Na Tabela 8 apresenta-se o Lucro Bruto por produto.

Tabela 8 – Lucro Bruto de cada produto

PRODUTO	CUSTO UNITÁRIO TOTAL	PREÇO DE VENDA	LUCRO BRUTO UNITÁRIO
Mesa Jardim	814,44	1.250,00	435,56
Cadeira Jardim	465,24	830,00	364,76
Mesa Sala	1.178,59	1550,00	371,41
Cadeira Sala	524,65	900,00	375,35

Fonte: Dados da pesquisa.

As decisões de produção na empresa objeto de estudo levam em consideração a quantidade de horas de mão-de-obra direta disponíveis no processo produtivo. Sabe-se que para produzir uma mesa jardim são necessárias 36 horas de mão-de-obra direta; para produzir uma cadeira jardim são necessárias 11 horas; para produzir uma mesa sala são necessárias 52 horas; e para produzir uma cadeira sala são necessárias 16 horas.

Sabe-se que a empresa possui uma disponibilidade média de 6.000 horas de MOD por período. Para a proposição do modelo de programação dinâmica simulou-se o Lucro Bruto de cada produto disponibilizando 1.000 horas, 2.000 horas ou 3.000 horas. Na Tabela 9 é apresentado o Lucro Bruto Total de cada produto nos diferentes cenários.

Tabela 9 – Lucro Bruto Total para cada produto a partir das horas disponibilizadas

DISPONIBILIDADE DE HORAS	LUCRO BRUTO			
	Mesa Jardim	Cadeira Jardim	Mesa Sala	Cadeira Sala
1.000 horas	11.760,12	32.828,40	7.056,79	23.271,70
2.000 horas	23.955,80	66.021,56	14.113,58	46.918,75
3.000 horas	36.151,48	99.214,72	21.170,37	70.190,45

Fonte: Dados da pesquisa.

O Lucro Bruto Total de cada produto é obtido multiplicando-se o Lucro Bruto por unidade pela quantidade produzida, sendo que a mesma normalmente é vendida. Já a quantidade produzida é obtida dividindo-se a quantidade de horas disponibilizadas pelas horas necessárias para fazer uma unidade do produto.

Na programação dinâmica, antes de propor a solução para o problema, é necessário formular o modelo que compreende a identificação dos seguintes aspectos: sistema, estágio, estado, ação, retorno, valor do estado, função de transição, função de recorrência e conjunto de ações viáveis. Na Tabela 10 é apresentado o modelo de programação dinâmica.

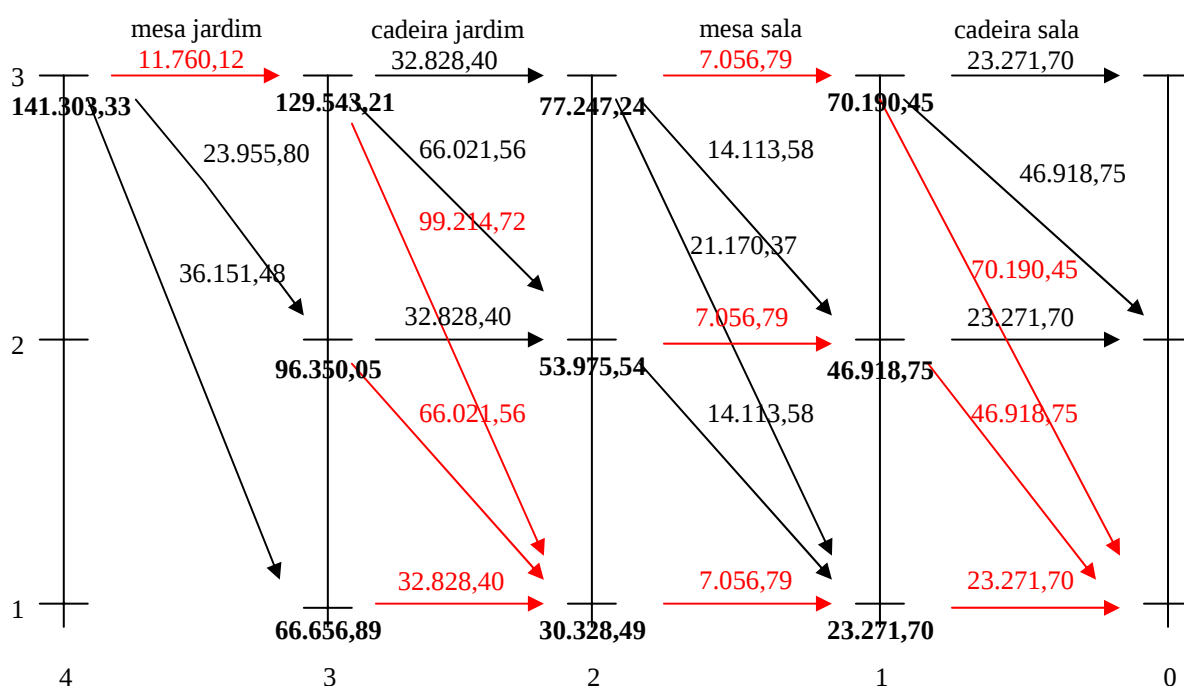
Tabela 10 – Proposição do modelo de programação dinâmica

- *sistema*: quantidade de horas de MOD;
- *estágio*: quantidade de produtos onde podem ser disponibilizadas as horas de MOD, ou seja, $n \in \{0,1,2,3, 4\}$;
- *estado*: quantidade de horas de MOD disponível, ou seja, $i \in \{1,2,3\}$;
- *ação*: decisão de quanto de horas de MOD serão disponibilizadas para produto, ou seja, $k \in \{1,2,3\}$;
- *retorno*: lucro bruto, ou seja, $y(n,i,k)$;
- *valor do estado*: representa o lucro bruto mínimo no estado;
- *função de transição*: $i \rightarrow t$, ou seja, $t = i(-)k$;
- *função de recorrência*: $f(n,i) = \text{Max } y(n,k) (+) (n(-)1, t)$;
- *conjunto de ações viáveis*: $K_i = \{k \in \text{Inteiro } (0 \leq k, k \leq 1, k \leq 2)\}$.

Fonte: Dados da pesquisa.

Depois de formulado o modelo, pode-se representar o problema através do uso de redes, as quais identificam a melhor ação a ser tomada pelo gerente de produção, ou seja, decisão de quantas horas de MOD serão disponibilizadas para cada produto. A programação dinâmica utilizada para otimizar processos de decisão de multiestágios baseia-se no princípio da condição de ótimo de Bellman.

Segundo Bronson (1985, p. 161), no princípio da condição de ótimo de Bellman “uma política ótima apresenta a propriedade segundo a qual, a despeito das decisões para assumir um estado particular num certo estágio, as decisões restantes a partir deste estado devem constituir uma política ótima”. A representação modelo através da utilização de redes, demonstrando o Lucro Bruto a partir das horas disponibilizadas para cada produto, está identificada na Figura 1.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 1 – Representação do modelo através da utilização de redes

Para implementar o princípio da condição de ótimo, Bronson (1985, p.161) sugere o seguinte procedimento:

parte-se do último estágio de um processo de n estágios e se determina a melhor política para se deixar aquele estado e completar o processo, supondo-

se que todos os estágios anteriores tenham sido completados. Desloca-se, então, ao longo do processo, de trás para adiante, estágio por estágio. Em cada estágio determina-se a melhor política para se deixar cada estado e se completar o processo, supondo-se que todos os estágios precedentes foram concluídos e utilizando-se os resultados já obtidos para o estágio seguinte.

Com base na representação do problema por meio de redes verifica-se que, se forem tomadas as decisões que visam otimizar a situação, a empresa chegaria a um resultado ótimo de R\$ 141.303,33.

A partir da Figura 1, pode-se realizar uma interpretação detalhada da resolução do modelo. Analisando o último estágio (estágio 1), percebe-se que o tomador de decisões poderá disponibilizar, no estado 3, 1.000 horas, 2.000 horas ou 3.000 horas. Se disponibilizar 1.000 horas terá um lucro bruto de R\$ 23.271,70, se disponibilizar 2.000 horas terá um lucro bruto de R\$ 46.918,75, se disponibilizar 3.000 horas terá um lucro bruto de R\$ 70.190,45, neste caso, a melhor decisão seria a disponibilização de 3.000 horas e obter um lucro bruto de R\$ 70.190,45. No estado 2, poderá disponibilizar 1.000 horas ou 2.000 horas. Se disponibilizar 1.000 horas terá um lucro bruto de R\$ 23.271,70, se disponibilizar 2.000 horas terá um lucro bruto de R\$ 46.918,75, neste caso, a melhor decisão é disponibilizar 2.000 horas e obter um lucro bruto de R\$ 46.918,75. No estado 1, poderá disponibilizar apenas 1.000 horas, tendo um lucro bruto de R\$ 23.271,70, sendo esta a única alternativa existente. A partir desta análise, podemos verificar que as melhores decisões ficam em destaque (na cor vermelha), correspondendo, portanto, ao valor de cada estado, ou seja, R\$ 70.190,45 para o estado 3, R\$ 46.918,75 para o estado 2, R\$ 23.271,70 para o estado 1.

A análise do estágio dois é um pouco diferente do último estágio. Neste caso, as melhores decisões seriam obtidas somando-se o valor de cada decisão ao resultado ótimo obtido em cada estado do estágio anterior. Por exemplo, para obter o resultado ótimo de R\$ 77.247,24 no estado 3, optou-se por somar o valor de R\$ 7.056,79 a partir da disponibilização de 1.000 horas com o resultado ótimo de R\$ 70.190,45 obtido no estado 3 do último estágio. As outras possibilidades para obter o resultado do estado 3 seria somando o lucro bruto de R\$ 14.113,58 e R\$ 46.918,75, ou somando R\$ 21.170,37 e 23.271,70, o que corresponderia a resultados inferiores. O mesmo foi feito para os demais estados. A partir desta análise, pode-se verificar que as melhores decisões ficam em destaque (na cor vermelha), originando o valor de cada estado, ou seja, lucro bruto de R\$ 77.247,24 para o estado 3, lucro bruto de R\$ 53.975,54 para o estado 2, e lucro bruto de R\$ 30.328,49 para o estado 1.

A análise do estágio 3 é idêntica ao do estágio dois. A partir das análises, verifica-se que as melhores decisões ficam em destaque (na cor vermelha), originando o valor de cada estado, ou seja, lucro bruto de R\$ 129.543,21 para o estado 3, lucro bruto de R\$ 96.350,05 para o estado 2 e lucro bruto de R\$ 66.656,89 para o estado 1.

Chega-se, portanto, ao estágio 4 com o lucro bruto de R\$ 141.303,33, somando-se o lucro bruto de R\$ 11.760,12 e o resultado ótimo de R\$ 129.543,21. Para conhecer as ações que devem ser tomadas para chegar ao resultado de R\$ 141.303,33 basta seguir o caminho feito apenas por setas vermelhas, disponibilizando 1.000 horas para a mesa jardim, 3000 horas para a cadeira jardim, 1.000 horas para a mesa sala e 1.000 horas para a cadeira sala. Cabe ressaltar que neste modelo utilizou-se a programação dinâmica determinística, já que o resultado de cada decisão (em particular, o estado produzido pela decisão) foi conhecido exatamente.

6 Considerações finais

O artigo teve por objetivo analisar restrições produtivas em uma empresa industrial por meio do custeio baseado em atividades e da programação dinâmica. A partir de uma empresa do ramo industrial, especializada na confecção de móveis de pedra, estruturou-se a

alocação dos custos aos produtos com base no ABC. Em seguida, foi proposto o modelo de programação dinâmica para decidir acerca do *mix* de produto mais lucrativo na empresa.

A opção pelo ABC deve-se a representatividade dos custos indiretos de fabricação na empresa objeto de estudo, o que requer um tratamento mais acurado no momento de alocá-los aos produtos. Além disso, a empresa possui uma estrutura organizacional dividida em departamentos, facilitando a identificação de atividades e direcionadores.

Aliado ao ABC, fez-se a proposição da programação dinâmica para decidir acerca do *mix* de produção que trouxesse um montante maior de lucro bruto. Tal instrumento é interessante também quando há limitações na capacidade produtiva, auxiliando na decisão de produtos que devem ter suas vendas incentivadas.

Os resultados da pesquisa podem auxiliar as empresas que possuem restrições produtivas e que precisam decidir acerca destas restrições, optando pelos produtos que poderão trazer uma maior rentabilidade. Para analisar a rentabilidade, demonstrou-se a aplicação do ABC no tratamento dos custos indiretos de fabricação.

Tem-se a perspectiva de que, à medida que os gestores agregarem essas técnicas no seu dia-a-dia, poderão lidar com as restrições, obtendo o máximo resultado a partir da aplicação de recursos escassos. O estudo pode nortear gestores que precisam tomar decisões de produção, obtendo custos mais acurados a partir da implantação do custeio baseado em atividades – ABC, aliado a uma política ótima de retorno de investimentos com a programação dinâmica.

Referências

- ATKINSON, Anthony A. et al. *Contabilidade gerencial*. São Paulo: Atlas, 2000.
- BRIMSON, James. *A contabilidade por atividades: uma abordagem de custeio baseado em atividades*. São Paulo: Atlas, 1996.
- BRONSON, Richard. *Pesquisa operacional*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.
- BRUYNE, Paul de; HERMAN, Jacques; SCHOUTHEETE, Marc de. *Dinâmica da pesquisa em ciências sociais: os pólos da prática metodológica*. Rio de Janeiro: F. Alves, 1991.
- CHALOS, Peter. *Managing cost in today's manufacturing environment*. New Jersey: Prentice Hall, 1992.
- DAFT, Richard. *Administração*. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- EHRLICH, Pierre Jacques. *Pesquisa operacional: curso introdutório*. São Paulo: Atlas, 1991.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas, 1999.
- HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à pesquisa operacional*. Rio de Janeiro: Campus, 1988.
- HORNGREN, Charles T.; SUNDEM, Gary L.; STRATTON, William O. *Contabilidade gerencial*. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- KAPLAN, Robert S., COOPER, Robin. *Custo e desempenho: administre seus custos para ser mais competitivo*. São Paulo: Futura, 1998.

MAHER, Michael. Contabilidade de custos: criando valor para a administração. São Paulo: Atlas, 2001.

MARTINS, Eliseu. *Contabilidade de custos*. São Paulo: Atlas, 2003.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In: MINAYO, Maria Cecília de Souza (Org.). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis: Vozes, 2002.

NAKAGAWA, Masayuki. *ABC: custeio baseado em atividades*. São Paulo: Atlas, 2001.

PADOVEZE, Clóvis Luiz. Curso básico de contabilidade gerencial de custos. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

RICHARDSON, Roberto Jarry. *Pesquisa social: métodos e técnicas*. São Paulo: Atlas, 1999.

SAKURAI, Michiharu. *Gerenciamento integrado de custos*. São Paulo: Atlas, 1997.

VANDERBECK, Edward J.; NAGY, Charles F. *Contabilidade de custos*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.