

1. Introdução;
2. Revisão do modelo tradicional;
3. Uma exposição do novo enfoque;
4. Um exemplo;
5. Conclusão.

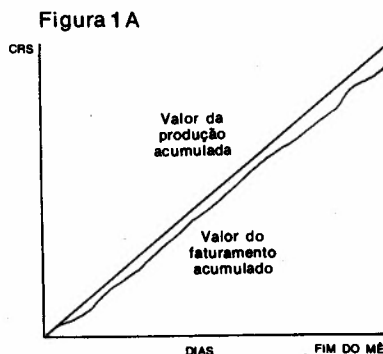
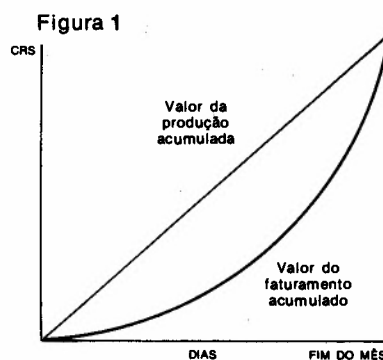
Bruno Richard Fuess*

PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO: UMA NOVA SOLUÇÃO PARA VELHOS PROBLEMAS

1. INTRODUÇÃO

Para as indústrias que oferecem variada linha de produtos e que operam sob encomenda (indústrias de tecidos, tintas, confecções, fechaduras e ferragens, cerâmicas e refratários, etc.), o ajuste entre a produção e os pedidos requer, na maioria dos casos, uma luta constante, cujos resultados freqüentemente decepcionam a alta administração. Como conseqüência, esta coloca o seu setor de programação e controle de produção ora sob a área comercial, ora sob a industrial, ora ainda sob a própria presidência, procurando nestas alterações estruturais uma solução definitiva, que nunca se alcança. Qualquer que seja a alternativa escolhida, o resultado final continua a ser marcado por atraso nos pedidos ou entrega parcelada dos mesmos, provocando desgaste junto à clientela, onerando custos, e gerando estoques de produtos acabados, concomitantemente à existência de pedidos atrasados desses mesmos itens. Isto apesar de, às vezes, serem empregadas técnicas elaboradas ou mesmo sofisticadas, tais como lotes econômicos de produção,¹ programação linear e previsões de vendas estabelecidas segundo as mais refinadas técnicas.

Por vezes, quando ao final do mês se verifica um atendimento satisfatório dos pedidos, pode-se observar que, apesar de a produção ter sido linear ao longo do período, o mesmo não aconteceu com o faturamento. Este, às vésperas do fechamento do mês, torna-se preocupação sem limites, com a tradicional elevação, às proeminências da empresa, da figura do encarregado da expedição, do faturamento ou da programação. É bastante comum verificar-se uma evolução conforme a figura 1, com evidente dilatação dos prazos de recuperação do capital de giro.



* Professor do Departamento de Produção da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. Gerente-Sistema da Fábrica de Tecidos Tatuapé S/A — Empresa Têxtil do Grupo Industrial Santista.

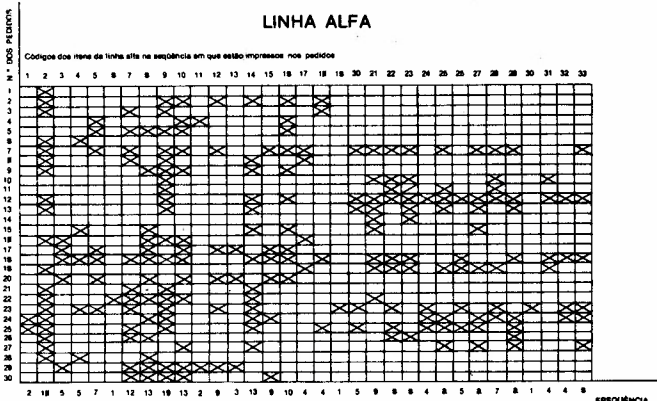
2. REVISÃO DO MODELO TRADICIONAL

As pesquisas para o desenvolvimento de um sistema de programação e controle de produção aplicável a um complexo têxtil bastante diversificado, conduziram-nos à utilização de um enfoque novo, e não obstante simples, baseado na crítica ao modelo usualmente empregado pela generalidade dos sistemas existentes de programação e controle de produção.

O modelo comum procura totalizar os pedidos (para entrega em um período determinado) por tipo de item ou produto, elaborando um programa de produção a nível total de produto, programa esse a ser cumprido dentro de um período de tempo determinado, e montado segundo um gráfico de Gantt¹ ou outra ferramenta qualquer da administração da produção, sempre procurando custos mínimos de produção. Quando tudo transcorre normalmente, ou seja, quando não há falta de matéria-prima, quando o ausentismo e as quebras por segunda qualidade não ultrapassam as tolerâncias projetadas, etc., a cada dia, $\frac{1}{n}$ (um enésimo) da produção de um mês de n dias chega aos estoques de produtos acabados. Só que, nos primeiros dias ou semanas, torna-se difícil o atendimento de pedidos, a menos que sejam fracionados, entregando-se tão-somente alguns dos itens neles constantes, acarretando a pronta reclamação dos compradores, os quais, em geral, por não verem atendidas integralmente a sua solicitação, pressionam para obter protelação do pagamento das duplicatas envolvidas, com base na data de entrega final do pedido. Além de que o fracionamento onera altamente os custos de expedição, e sobrecarrega o sistema informativo de acompanhamento dos pedidos.

O problema reside, em realidade, no fato de que as totalizações dos diferentes itens constantes nos pedidos não levam em consideração o pedido em si, mas sim a generalidade dos mesmos. O modelo comum é quantitativo, e não qualitativo. Ora, o objetivo, afinal de contas é atender pedido por pedido, ou seja, cliente por cliente, com a maior rotação possível do capital de giro. O modelo comum toma providências para linearizar a produção com mínimo custo, e não para linearizar as entregas e o faturamento (custos, não raro, representam no máximo 50% do faturamento). Seriam tão conflitantes essas duas linearizações? Há possibilidade de fazê-las simultaneamente?

Figura 2 Matriz de 30 pedidos ao acaso, de uma linha de produtos com 33 itens.



3. UMA EXPOSIÇÃO DO NOVO ENFOQUE

Se montarmos uma matriz de pedidos tomados ao acaso, torna-se fácil verificar a dificuldade aparente de uma conciliação, pois não há ordem alguma (figura 2, os X indicam que o item assinalado é solicitado no pedido).

Caso a matriz seja reordenada segundo a frequência de cada item no conjunto dos seus pedidos, alguma lógica começa a aparecer (rarefação da metade da matriz à direita), lógica essa que se torna mais evidente se nova reordenação for feita, desta vez fazendo com que ocupem as primeiras linhas aqueles pedidos cujo item solicitado de menor frequência, seja ainda de frequência maior ou igual que o item de menor frequência do pedido seguinte. Veja figuras 3 e 4 (na figura 4, observar a curva envoltória, à direita da qual não há itens solicitados).

Figura 3

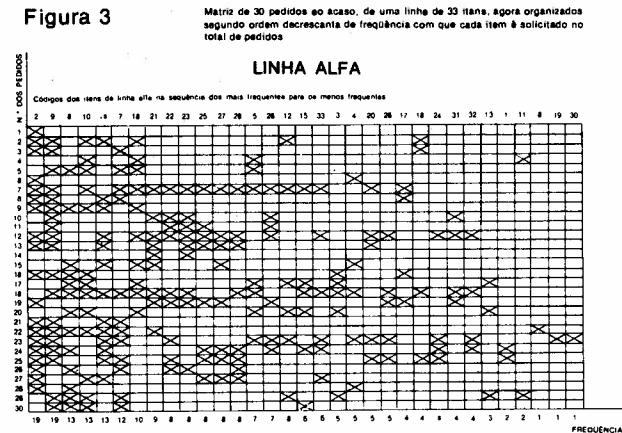
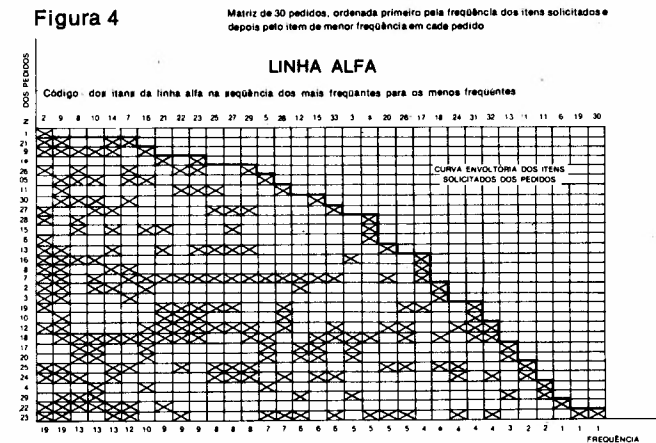


Figura 4



A curva envoltória dos pedidos pode assumir formatos diversos para cada linha de produtos da empresa. O formato poderá variar também, mesmo considerada uma única linha de produtos, em função das características do mercado, da extensão da linha de produtos bem como do total de pedidos a atender, por períodos de produção. Duas indústrias do mesmo ramo podem apresentar curvas diferentes para linhas de produtos semelhantes. As figuras 5, 6 e 7 representam curvas envoltórias típicas.

A figura 5 espelha o caso de uma linha de produtos na qual há grande quantidade de pedidos de poucos itens e

um grande número de itens para os quais a frequência de demanda é pequena. (Esta situação ocorre quando há um mau ajuste da linha de produtos em relação ao mercado.)

Figura 5

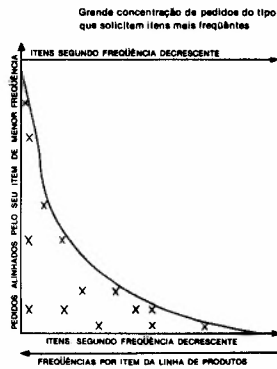


Figura 6

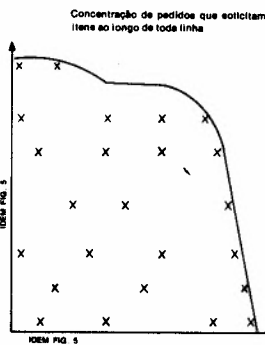


Figura 7

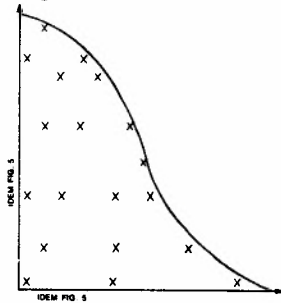
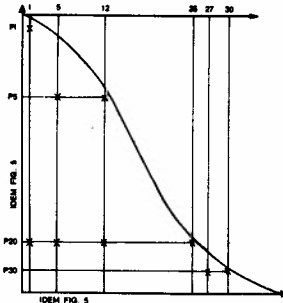


Figura 8



A figura 6 exemplifica pedidos que tendem a conter toda a gama de produtos existentes na linha, e a figura 7 representa o caso mais comum, intermediário aos dois primeiros.

A matriz de pedidos assim duplamente ordenada (figura 4) sugere uma seqüência de produção adequada ao atendimento dos pedidos. Verificamos que, para atender a um determinado pedido em sua totalidade, é necessário e suficiente que todos os itens nele solicitados, de frequência maior que aquele de menor frequência, e inclusive este, estejam disponíveis no estoque, evidentemente nas quantidades desejadas (ver figura 8). Em outras palavras, desde que a produção se inicie pelos itens mais freqüentes, pode-se começar a atender pedidos completos, à medida que tais produtos adentrem o estoque. Por exemplo, de nada adiantará produzir o item n.º 25 para o atendimento do pedido n.º 20, se não tiverem sido ainda produzidos os itens de 1, 5 e 12, que são os de maior frequência que o item n.º 25 no pedido n.º 20. O pedido n.º 20 poderá ser expedido mesmo que não tenham sido produzidas quantidades dos itens nele contidos, necessários ao atendimento de todos os pedidos do período.

A produção dos itens de n.ºs 1 a 12, ainda que parcial, como é fácil observar, permite completar a entrega dos pedidos de n.ºs 1 a 5. Normalmente se verifica

uma acentuada correlação entre a frequência e as quantidades para os diversos produtos; os produtos de maior frequência tendem a ser os de maior procura global (as exceções poderão ser tratadas como tal, não prejudicando o conjunto dos pedidos). Conclui-se que os produtos de maior frequência, por serem também aqueles solicitados em maior quantidade, podem ser programados para produção contínua ou para produção por lotes. No primeiro caso, entrarão todos os dias no estoque, e no segundo caso, a sua disponibilidade seguirá uma curva dente de serra. Aqueles produtos de menor frequência, por exigirem pouco tempo de produção, face aos seus pequenos volumes, não compensarão produções parceladas. Poderão pois, ser programados para adentrarem o estoque, conforme forem convenientes localizados no gráfico de Gantt, ao longo do mês. *Todas essas locações podem e devem ser feitas de acordo com a importância detectada na matriz de ordenamento.*

Para uma adequada programação bastará montar o gráfico de Gantt, alocando os recursos disponíveis (horas x máquinas, por exemplo), de forma que as quantidades que entram no estoque, diariamente, ao longo do mês o façam em quantidades e qualidades adequadas e oportunas ao atendimento dos pedidos, na seqüência especificada pela matriz de ordenamento, ou seja, na seqüência ótima de produção, tendo em vista a minimização dos custos de capital de giro, custos burocráticos de expedição e de faturamento, etc. (ver figuras 9 e 10).

Figura 9

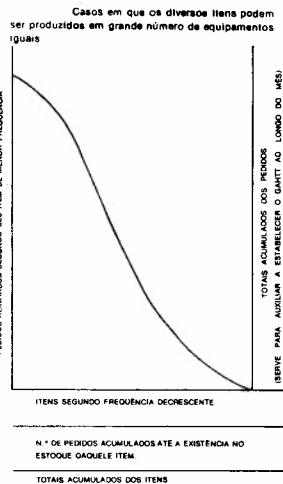
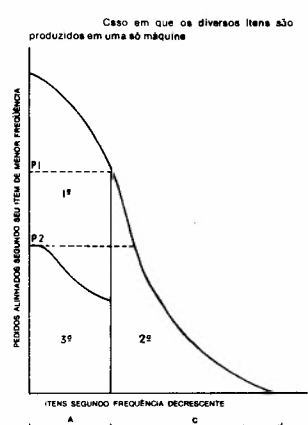


Figura 10



Como exemplo de itens da figura 9, podemos citar: prensas, teares, moinhos para corantes, moldes, jiggers, etc. Nestes casos há grande facilidade para uma perfeita distribuição da produção, de modo a transformar a situação da figura 1 naquela ideal espelhada pela figura 1A.

Como exemplo ilustrativo do caso da figura 10, temos: máquinas de tingimento contínuo na indústria têxtil, linhas de montagens com grande número de produtos,

fornos de esmaltação de ladrilhos, politrizes, etc. Nestes casos, por razões técnicas, de qualidade, de custos de *set-up*, etc., não é possível uma atomização das ordens de produção. Neste caso, pode-se, por exemplo, dividir em dois ou três lotes de fabricação, apenas os totais dos itens mais freqüentes (item A no caso, aproximadamente 70 a 80% da produção), enquanto que os itens menos freqüentes serão produzidos todos de uma só vez (item C no exemplo, aproximadamente 20% da produção).

Na distribuição ilustrada pela figura 10, poder-se-ia também, produzir em duas vezes os itens mais freqüentes. A primeira parcela, que representa cerca de 40% da produção, já no início do mês, permitiria atender os pedidos até P_1 . Em seguida, produzir-se-ia os itens menos freqüentes, numa segunda fase, atendendo os pedidos até P_2 e finalmente no trecho final do mês, produziríamos a segunda metade dos itens mais freqüentes, completando o atendimento dos pedidos.

É evidente que para cada caso particular, e mesmo para cada programa de produção, será necessário encontrar a distribuição mais coerente.

A boa utilização dos totais acumulados permitirá fazer com que os pedidos até P_1 correspondam a 1/3 da produção, os até P_2 correspondam a 2/3 da produção, chegando-se muito perto de uma solução contínua como aquela sugerida na figura 9.

Na simulação de Gantt, até o seu estabelecimento definitivo, é extremamente vantajoso utilizar os totais acumulados dos pedidos, bem como os totais acumulados dos itens, a fim de correlacioná-los com o tempo necessário para a sua produção, bem como com os totais de pedidos atendidos até que determinado item esteja disponível no estoque.

Por outro lado, a matriz permite verificar, fácil e imediatamente, quais pedidos são realmente difíceis de atender (por exemplo, aqueles que solicitam um produto de alta freqüência e um de baixa freqüência como o pedido 4 na figura 4) e os de fácil atendimento (por exemplo, os que solicitam o item ou poucos itens de maior freqüência, como os pedidos n.ºs 1, 21, e 9 da figura 4).

O modelo exposto até agora pode ser ainda explorado em diversas direções. Pode-se, com base nele, efetuar algo muito cobiçado qual seja, a programação do atendimento dos pedidos, dia a dia, transformando o Gantt de produção em Gantt de entregas.

Pode-se realmente administrar pedidos, pois estes, uma vez ordenados, permitem análises dos mais diversos tipos, apresentando constantemente o panorama global e, ao mesmo tempo, o detalhe.

Pode-se também obter apreciáveis reduções de custos, possibilitando às áreas de expedição e de faturamento uma operação linear, ao longo do mês, principalmente para aqueles que faturam a tantos dias da data. Teremos, pois, sensível melhora no comportamento da figura 1 que passa a ser como a figura 1A. Essas reduções podem ser confrontadas com os custos adicionais de *set-up* de alguns artigos cuja produção venha a ser efetuada duas ou três vezes ao longo do mês, por necessidade de atender ao seqüenciamento dos pedidos.

Naturalmente, a necessidade desse confronto ocorre para poucos produtos, já que normalmente poucos produtos vendem muito (figura 10, itens classe A).

O modelo de *ordenamento de pedidos e seqüência ótima de produção* é uma ferramenta utilíssima, justamente nos casos em que as variáveis de coordenação são muito numerosas, gerando a situação da figura 1, com todos os seus inconvenientes adicionais já relatados.

4. UM EXEMPLO

Apresentamos, a seguir, uma solução, sem retoques, da programação de 28 pedidos do artigo n.º 350, comercializado em cores numeradas de 1 a 16, englobando um total de 410 peças. Supõe-se a produção diária de uma peça/máquina \times turno, a necessidade de atender pedidos completos e ao longo do período de 23 dias. Para simplificar, considerou-se não haver produção de segunda e serem nulos os tempos de *set-up* de máquina. Serão necessários $\frac{410}{23 \times 1} = 18$ turnos de máquinas. Optamos por 19 turnos (máquinas de 1 a 9, operando em dois turnos e máquina 10 operando em um turno) e todas as máquinas disponíveis no primeiro dia. Na realidade, qualquer que seja o dia inicial da programação, algumas máquinas ainda estarão carregadas com ordens de produção (O.P.) do período anterior, e portanto, não-disponíveis, daí a razão de não nos preocuparmos com que todas as ordens fossem encarregadas exatamente no dia 23, mantendo-se uma aparente folga de $\frac{1}{18} = 5\%$ de máquinas.

A figura 11 representa os pedidos ordenados acrescentando-se:

a) a soma acumulada das quantidades de peças, a cada nova cor e a cada novo pedido, o que auxilia na alocação das O.P. de cada cor no gráfico de Gantt (figura 12). Por exemplo, de nada adiantaria colocar nos primeiros dias do período as cores 10, 8, 9, 12, 16 e 13, já que a primeira delas só será necessária para atender o pedido n.º 6 (após terem sido atendidos os pedidos de n.º 21 até o n.º 25), ou seja, após ter-se utilizado $\frac{144}{410} = 36\%$ da produção global do mês. Já a cor 1 deveria ser produzida do primeiro ao último dia do programa:

b) como seriam atendidos os pedidos, caso fossem produzidos seqüencialmente os totais de cor a cor, da mais freqüente (1) até a menos freqüente (13). Exemplo: a cor 1, de per si, nenhum pedido atende de maneira completa. Já a cor 1 mais a cor 3 permitem atender os pedidos n.ºs 21, 22 e 23. A cor 4, além das 1 e 3, permite atender mais os pedidos 17. A cor 11, além das 1, 3 e 4 não permite atender nenhum e assim por diante. É importante assimilar estes exemplos junto à figura 11, o que facilitará a visualização da alocação das diversas O.P. ao longo do período de programação. Também a comparação das percentagens das somas acumuladas dos totais de peças/cor, em relação ao total de peças comparado com a percentagem de número de pedidos atendidos, facilitará decisões de alocações das O.P. Considere-se que, embora os totais das cores 1, 3, 4, 11, 7 e 2 respondam por 56,5% da necessidade de produção do período, essa produção permitiria atender apenas a 25,0% dos pedidos. A alocação das O.P. (uma para o total de cada cor, exceção da cor 1, veja observação adiante) foi feita na figura 12, atendendo-se ao balanceamento dos totais, conforme sugerido em a e b. naturalmente se não foi satisfatório o resultado espelhado pelo cronograma de

atendimento dos pedidos, ou pelo nível de estoques remanescentes, ambos sob a figura 12, e mesmo pelo grau de não-linearização atingido (figura 13), deve-se remanejar algumas das O.P. Atente-se para que na figura 13 o crescimento do faturamento entre os dias 5 e 10 não está satisfatório (declividade da curva de evolução do faturamento muito pequena). Neste caso poder-se-ia antecipar o faturamento de um ou mais

pedidos, realocando-se as O.P. necessárias. Assim, no cronograma de atendimento (figura 12) do dia 10 ao 15 consta a entrega dos pedidos 5, 12, 3, 6, 18 e 25. Poder-se-ia antecipar o pedido 5, digamos de três dias, ou seja, o mesmo deveria ser entregue no dia 7. Vejamos no Gantt (figura 12), até o dia 7 os totais disponíveis de cada uma das cores que entram no pedido 5:

Quadro 1

Cor	Produzido até o dia 7	Consumido para 9 pedidos entregues	Saldo disponível	Necessário para o pedido 5	Faltam
1	14	10	4	2	—
3	14	14	0	4	4
4	14	10	4	4	—
7	14	12	2	4	2
2	14	0	14	4	—
6	14	0	14	4	—
14	7	0	7	4	—

Bastaria, então, ter à disposição, nesta data, mais duas peças da cor 7 e mais quatro da cor 3.

Poder-se-ia optar por:

- antecipar o início da produção das cores 7 e 3, respectivamente, de um e dois dias. Lembrando que nem todas as máquinas estariam em realidade disponíveis no primeiro dia deste período e que algumas já estariam disponíveis poucos dias antes, poderíamos usar estas máquinas já desocupadas para esta antecipação;
- no quadro 1, da cor 6 até ao dia 7, produziram-se 14 peças, quando só seriam necessárias quatro para o pedido 5, ou seja, a sua alocação está cinco dias adiantada. Poder-se-ia então atrasar o seu início e no seu

lugar emitir, durante poucos dias, uma O.P. da cor 7, descontando-se o total programado da O.P. primitiva da cor 7. Idem para a cor 3, folga da cor 2. Evidentemente isto dependerá dos custos de *set-up*, dos lotes mínimos de fabricação, etc. Para a cor 1, que exigiria um total de 49 peças, e a máquina 1 só produziria 46 ao longo dos 23 dias, foi instalada uma O.P. complementar na máquina 7 de apenas três peças para este período. É claro que esta ordem pode ser antieconômica. Em realidade, a máquina 7 adentraria o período seguinte produzindo a cor 1 já sob O.P. do período seguinte, mesmo porque esta cor é a mais freqüente e com altíssima probabilidade de seguir sendo de grande venda.

Figura 11 ARTIGO 350 - TOTAL DE 28 PEDIDOS

COR N.º DO PEDIDO	COR													QUANT DE PEÇAS POR PEDIDO	QUANT DE PEÇAS ACUMULADA		
	1	3	4	11	7	2	8	14	15	5	10	9	12			18	13
21	2	2														4	4
22	2	2														4	8
23	2	2														4	12
17	2	4	4													10	22
15	2		2	2	2											8	30
20		4	4		4											12	42
14	2	2			2	2										6	50
5	2	4	4		4	4	4	4								28	78
12	2	2	2					2								8	86
28				2				2								4	90
27				2				2								4	94
26				2				2								4	98
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4							36	132
18			2			2			2							6	138
25	2								2							4	142
8	4		4		4	4		4		4						24	166
8	4		8		4	4		4								28	194
19	4							4								12	206
10				2	2	2				2						10	216
16				16			16									48	264
7	2	2	2	2	2	2					16					12	276
11						2				2	2					8	284
13	2			2				2				2				8	292
24		2						2					2			6	298
9	2	2	2		2								2	2		12	310
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	326
2	4	2	4	4	4	4	2		2	8	2	2	2	2	2	40	374
4	4	4		4					4	4	4		4	4	4	36	410
FREQÜENCIA	19	15	13	12	10	8	8	7	8	7	7	5	5	4	3		

SOMA	49	39	43	41	33	27	33	21	19	23	21	25	8	11	9	7
ACUMULADO	49	88	131	172	205	232	265	286	305	328	349	374	383	394	403	410
% ATACUM	11,9	21,4	31,9	41,9	50,0	56,5	64,6	69,7	74,3	80,0	85,1	91,2	93,4	96,0	98,2	100,0

ATENDIMENTO DE PEDIDOS		21	17		15	14		5	12	3	9	10	7	24	9	1
					20				26	18	8	16	11			2
		23							27	25	19		13			4
									28							

QUANT. PED. ATENDIDOS		3	4	4	6	7	7	8	12	15	18	20	23	24	25	28
% ATENDIMENTO		10,7	14,3	14,3	21,4	25,0	25,0	28,6	43,0	53,5	64,3	71,5	82,2	85,8	89,2	100,0

Há, na alocação de cada ordem, restrições e alternativas que, em cada indústria, devem ser consideradas convenientemente.

O que importa é que se tenha um domínio efetivo da situação dos pedidos, um a um, dia a dia, e por antecipação. Inconvenientes eventuais podem ser contornados antecipadamente por ocasião do estabelecimento da programação do período.

O resultado da antecipação do pedido 5, como vimos, sem a necessidade de postergar nenhum outro, está demonstrado na figura 13. A área hachurada mostra o ganho obtido em termos de melhor ajuste do faturamento.

Verifica-se, pois, ser possível melhorar eventuais crescimentos não convenientes do faturamento, ao longo do período. Pode acontecer também, que, uma vez alocadas as ordens, um cliente prioritário tenha seu pedido programado para o fim do período e seja conveniente antecipá-lo. O procedimento seria semelhante ao do citado pedido n.º 5.

Figura 12

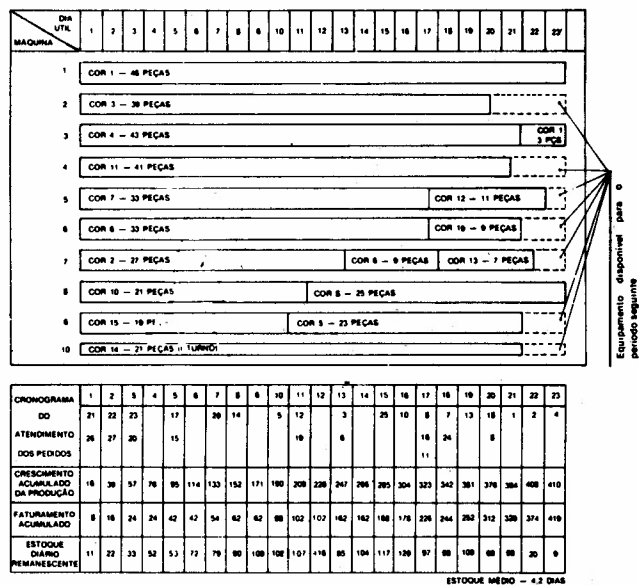
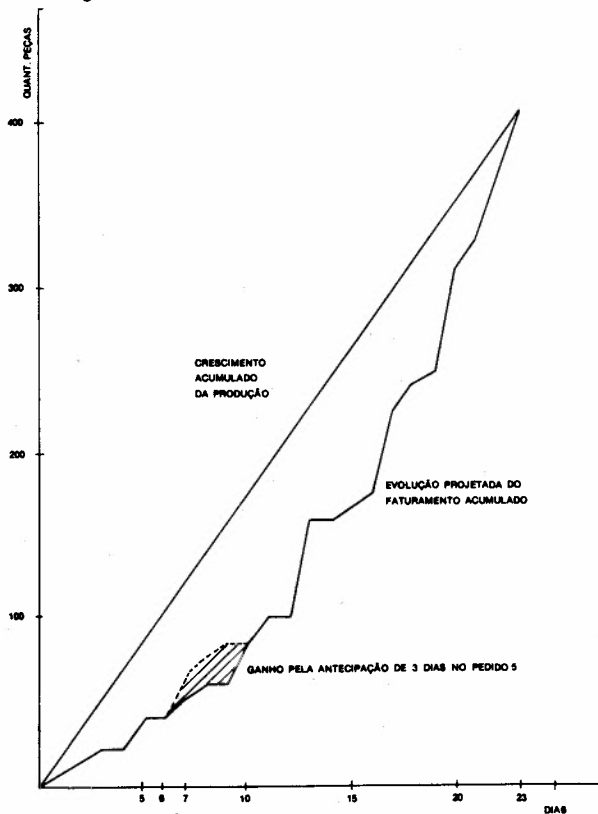


Figura 13



5. CONCLUSÃO

Pelo exposto, verifica-se que este é um novo caminho, simples, porém de resultados surpreendentes para a maioria das indústrias, quanto à solução de seus problemas de programação e controle de produção.

Uma vez aplicado este modelo os seus problemas de produção e faturamento passam a ser passíveis de um tratamento determinístico até agora ainda não vislumbrado, principalmente quanto ao adequado e econômico atendimento da clientela e à alta rotação do capital de giro empregado para esse atendimento. ■

BIBLIOGRAFIA

1. Schoeps, W. Lote econômico de produção, conceito e prática. *Revista de Administração de Empresas*, Fundação Getúlio Vargas, v. 2, n. 4, ago. 1962.
2. Machline, C. O modelo de custo mínimo da administração de produção. *Revista de Administração de Empresas*, Fundação Getúlio Vargas, v. 8, n. 28, set. 1968.
3. Moore, F. G. *Production control*. 2. ed. McGraw-Hill Book Company, (International Student Edition).
4. Magee-Boodman. *Production planning and inventory control*. 2. ed. McGraw-Hill Book Company, (International Student Edition).
5. Zacarelli, S. B. *Planejamento e controle da produção*. 2. ed. São Paulo, Livraria Pioneira Editora, 1972.
6. Starr, M. R. *Administração da produção — sistemas e sínteses*. São Paulo, Edgard Blücher, 1971.
7. Machline, C. et alii. *Manual de administração da produção*. Rio, Fundação Getúlio Vargas, 1970.
8. Buffa, E. S. & Taubert, W. H. *Production — inventory systems. planning and control*. 2. ed. Homewood, 111., Richard D. Irwin, 1972.
9. Buffa, E. S. *Administração da produção*. Rio, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1972.
10. Bowman, E. H. & Fetter, R. B. *Analysis for production and operations management*. 3. ed. Homewood, 111, Richard D. Irwin, 1967.