Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
ISBN 85-7515-371-4

UTILIZAÇÃO DE PLANILHA ELETRÔNICA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

Paulo E. Polon – pauloep@deq.uem.br
Cid M. G. Andrade - cid@deq.uem.br
Paulo R. Paraíso - paulo@deq.uem.br
Luiz M. de M. Jorge - lmmj@deq.uem.br
Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Engenharia Química
Av. Colombo 5790
87020-900 – Maringá - PR

Resumo: *A denominação planejamento e programação da produção refere-se aos processos de decisão que levam a alocação de recursos no tempo para o processamento das tarefas de produção. Os recursos abrangem tanto os equipamentos quanto mão de obra, utilidades, etc. Um método para a abordagem do problema de planejamento e programação da produção é tornar o problema como de Programação Linear Inteira Mista (Mixed Integer Linear Program – MILP) e resolvê-lo usando pacotes de programação matemática comercialmente disponíveis, tais como GAMS, LINDO, etc. Neste trabalho mostramos que este tipo de problema pode ser resolvido utilizando planilhas eletrônicas como a Excel.*

Palavras-chave: *Planilha, planejamento e programação, MILP, Excel.*

1. INTRODUÇÃO

O uso de ferramentas computacionais em ciência e engenharia cresceu muito com o aumento da velocidade de processamento dos computadores, a diminuição relativa dos seus preços e o aparecimento de pacotes (ou aplicativos) para usos específicos ou gerais.

Várias planilhas tem a ferramenta Solver para resolver problemas de otimização. Neste artigo usaremos o Excel para ilustrar como a ferramenta Solver de planilhas pode resolver problemas de planejamento e programação da produção.

Problemas de planejamento e programação da produção, são geralmente estudados como parte da Pesquisa Operacional. Pesquisa Operacional é um ramo da engenharia relacionada a aplicação de métodos e técnicas científicas para problemas de tomada de decisão e com o estabelecimento de soluções ótimas.

A denominação planejamento e programação da produção refere-se aos processos de decisão que levam a alocação de recursos no tempo para o processamento das tarefas de produção. Os recursos abrangem tanto os equipamentos quanto mão de obra, utilidades, etc.

Em geral, as vantagens de planejamento e programação de produção estão na tomada de decisão de um processo que determina o que, quando onde e como produzir um conjunto de produtos conhecidos dados, definindo necessidades em pontos específicos no tempo sobre um horizonte de tempo específico, um conjunto de recursos limitados de produção, e uma descrição não ambígua das operações que devem ser executadas para fazer cada produto, (PEKNY, J. F. e REKLAITIS, G. V. (1998)).

Estas determinações de quando, onde e como são de natureza inerentemente combinatória. A escolha de equipamento e recurso para as operações e a determinação da ordem e consequentemente o ajustamento da execução das operações são decisões discretas que pode ser representada num modo binário (sim/não). Por exemplo sim, escolhe-se o equipamento 1 para operação A, ou não, não escolhe-se; executa-se a operação A no equipamento 1 antes da operação B, ou não, não escolhe-se.

O problema de programação envolve decisões binárias e são as decisões binárias que fornece o desafio da solução dos problemas de programação. De fato, o pior caso teórico (complexidade computacional) analisado tem mostrado que mesmo as formas conceitualmente mais simples de problemas de programação (aqueles envolvendo apenas considerações de sequenciamento, como a seqüência de tarefas numa única máquina com custos de preparação do processador que são dependentes da seqüência das tarefas) pode exibir crescimento exponencial no esforço computacional com o aumento do tamanho do problema.

A solução de um problema de programação é possível se ele reunir todas as limitações de recursos, restrições de fabricação, necessidades impostas do produto. Possíveis soluções diferentes geralmente não são equivalentes: algumas são melhores do que outras por razões técnicas ou econômicas. Assim, um programa terá associado com ele medida de mérito combinada, tais como custos de fabricação, lucro ou número de ordens atrasadas. Um possível programa que alcança o melhor valor possível de medida de mérito é dito ser ótimo. Normalmente, uma programação de processo procura gerar soluções ótimas, mas algumas vezes esta é impraticável e assim, soluções possíveis boas mas sub-ótimas devem satisfazer. Em tais casos, é desejável obter estimativas ou limites de quanto próxima o programa candidato está do ótimo.

Um método comum no qual o problema de planejamento e programação da produção pode ser resolvido otimamente é tornar o problema como um de Programação Linear Inteira Mista (*Mixed Integer Linear Program* – MILP) e resolvê-lo usando pacotes de otimização comercialmente disponíveis, tais como GAMS, LINDO, etc. Neste trabalho mostra-se que esses problemas podem ser resolvidos utilizando o Solver da planilha de cálculo eletrônica Excel.

2. ESTUDO DE CASO

2.1 Programação de Planta Batelada Multiproduto

Este exemplo foi obtido de EDGAR, T. F. et al. (2002), com algumas modificações. Consideramos quatro produtos (tarefas) (p1, p2, p3, p4) que serão produzidos como uma série de bateladas numa planta multiproduto consistindo de três reatores batelada em série; veja Figura 1. Os tempos de processamento para cada reator batelada e cada produto são dados na Tabela 1. Assume-se que armazenagem de intermediários não está disponível entre as unidades de processamento. Se um produto termina seu processamento na unidade j e a unidade j+1 não está disponível, porque ela ainda esta processando um produto prévio, então o produto pronto deve ser mantido na unidade j, até a unidade j+1 tornar-se livre. Quando um produto termina o processamento na última unidade, ele é imediatamente enviado ao estoque de produto. Assuma que os tempos necessários para transferir produtos de uma unidade para outra são negligenciáveis comparado com o tempo de processamento.

O problema para este exemplo é determinar o tempo de seqüência para produção dos quatro produtos assim como minimizar o *makespan* (tempo total de processamento das tarefas). Assume-se também que todas as unidades estão inicialmente vazias no tempo zero e a manufatura de qualquer produto pode ser atrasada numa quantidade de tempo arbitraria para mantê-lo na unidade anterior.

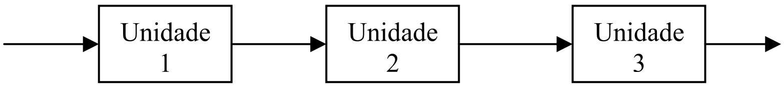

Figura 1 - Planta Multiproduto.

Tabela 1 - Tempos de processamento (h).

	Tarefas			
unidade	p1	p2	p3	p4
1	3,5	4,0	3,5	12,0
2	4,3	5,5	7,5	3,5
3	8,7	3,5	6,0	8,0

A solução que se pretende obter deve ser uma seqüência de permutação, ou seja o ordenamento das tarefas em cada processador deve ser o mesmo. Para tanto considera-se a seqüência de tarefas e a posição de cada tarefa nesta seqüência (que será a mesma para cada processador). Seja Xi_k uma variável binária definida como:

$X_{ik} = 1$ se a tarefa i está na posição k
$X_{ik} = 0$ caso contrário

O *makespan* é usado com critério de desempenho, deste modo, problema completo declarado é:

Maximizar:

$$C_{NM} \tag{1}$$

Sujeito a:

$$\sum_i X_{ik} = 1 \quad \forall k \tag{2}$$

$$\sum_k X_{ik} = 1 \quad \forall k \tag{3}$$

$$C_{k,j} \geq C_{k-1,j} + \sum_{s=1}^{N} X_{s,k} TP_{s,j} \qquad \forall j; k = 2,...,N \tag{4}$$

$$C_{k,j} \geq C_{k,j-1} + \sum_{s=1}^{N} X_{s,k} TP_{s,j} \qquad \forall k; j = 2,...,M \tag{5}$$

$$C_{1,j} \geq C_{1,j-1} + \sum_{s=1}^{N} X_{s,1} TP_{s,j} \qquad j = 2,\ldots,M \tag{6}$$

$$C_{1,1} \geq \sum_{s=1}^{N} X_{s,1} TP_{s,1} \tag{7}$$

$$C_{k,j} \geq C_{k-1,j+1} \qquad k = 1,\ldots,N \;\; j = 1,\ldots,M-1 \tag{8}$$

$$C_{k,j} \geq 0 \qquad \forall k, \forall j \tag{9}$$

Sendo:

i: tarefas;
j: processadores ou estágios;
k: posição na seqüência;
N: número de tarefas;
M: número de processadores;
$TP_{i,j}$: tempo de processamento da tarefa i no processador j;
$C_{k,j}$: tempo de fim de processamento no processador j da tarefa ocupando a posição k na seqüência.

Solução

Os quatro passos seguintes resume o que deve ser feito para implementar o modelo na planilha:

- Organize os dados do modelo na planilha;
- reserve células separadas na planilha para representar as variáveis de decisão no modelo algébrico;
- crie uma fórmula numa célula da planilha que corresponda à função objetivo no modelo algébrico;
- para cada restrição, crie uma fórmula numa célula separada na planilha que corresponda ao lado direito (*left-hand side* – LHS) e ao lado esquerdo (*right-hand-side* – RHS) da restrição.

A Figura 3 representa um possível modelo de planilha para o nosso exemplo.

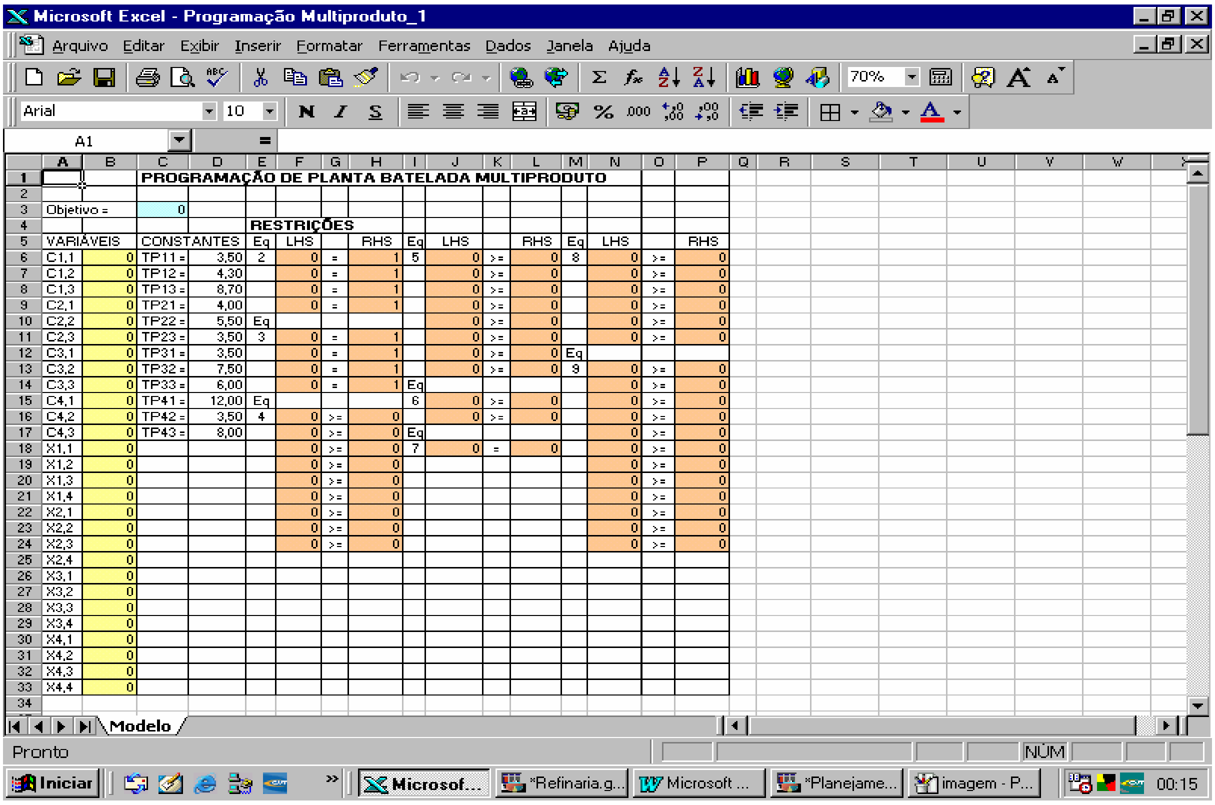

Figura 3 – Planilha para Problema de Programação de Planta Batelada Multiproduto

A primeira etapa na construção do modelo na planilha é organizar os dados sobre a planilha. Para o exemplo dado pode-se observar na Figura 3 que as células B6 a B33 representam as variáveis de decisão, a célula C3 representa a função e as células em destaque abaixo das denominações LHS e RHS representam as restrições.

Depois de implementar o modelo na planilha, pode-se usar o Solver para encontrar a solução ótima do problema. Para fazer isto devemos primeiro indicar ao Solver quais células representam a função objetivo, as vaiáveis de decisão, e as restrições. Para usar o Solver no Excel, escolhe-se o comando Solver no menu ferramentas, como mostrado na Figura 4.

Este mostra a caixa de diálogo Parâmetros do Solver como mostrado pela Figura 5. Na caixa de diálogo Parâmetros do Solver, tem-se os locais onde colocam-se: a célula que representa a função objetivo (Definir Célula de Destino), a escolha entre maximização e minimização, as células que representam as variáveis de decisão (Células Variáveis) e as células que representam o LHS e o RHS das restrições (Submeter as Restrições).

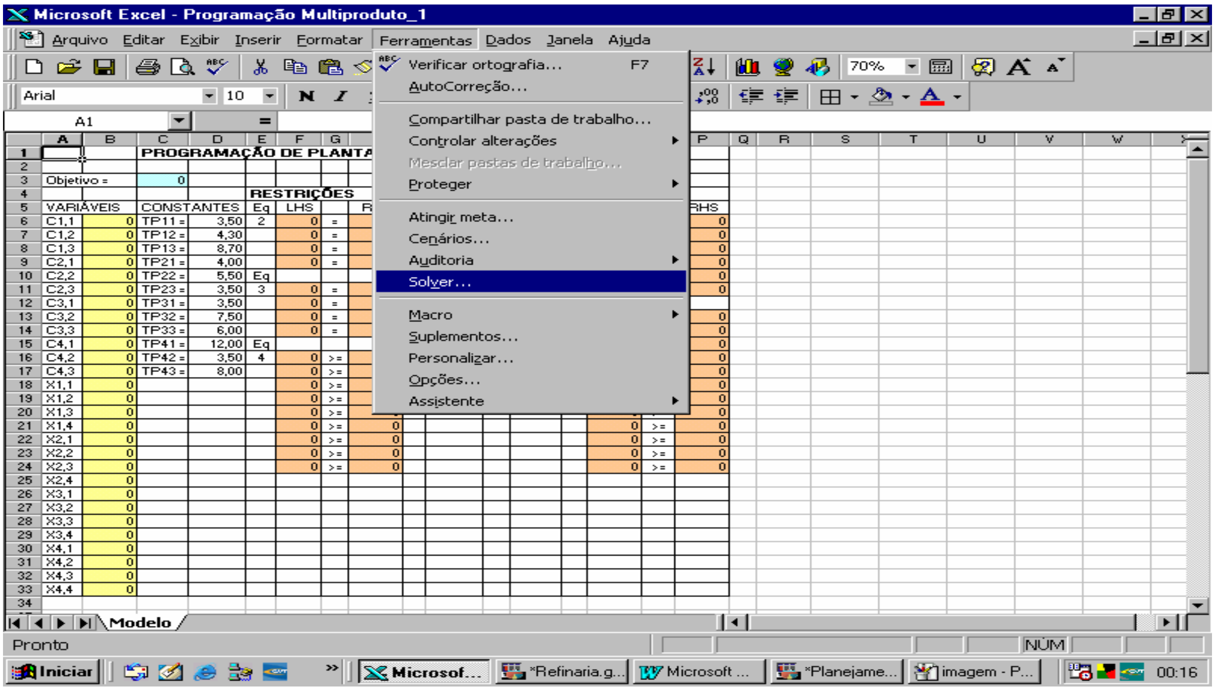

Figura 4 Comando para usar o Solver

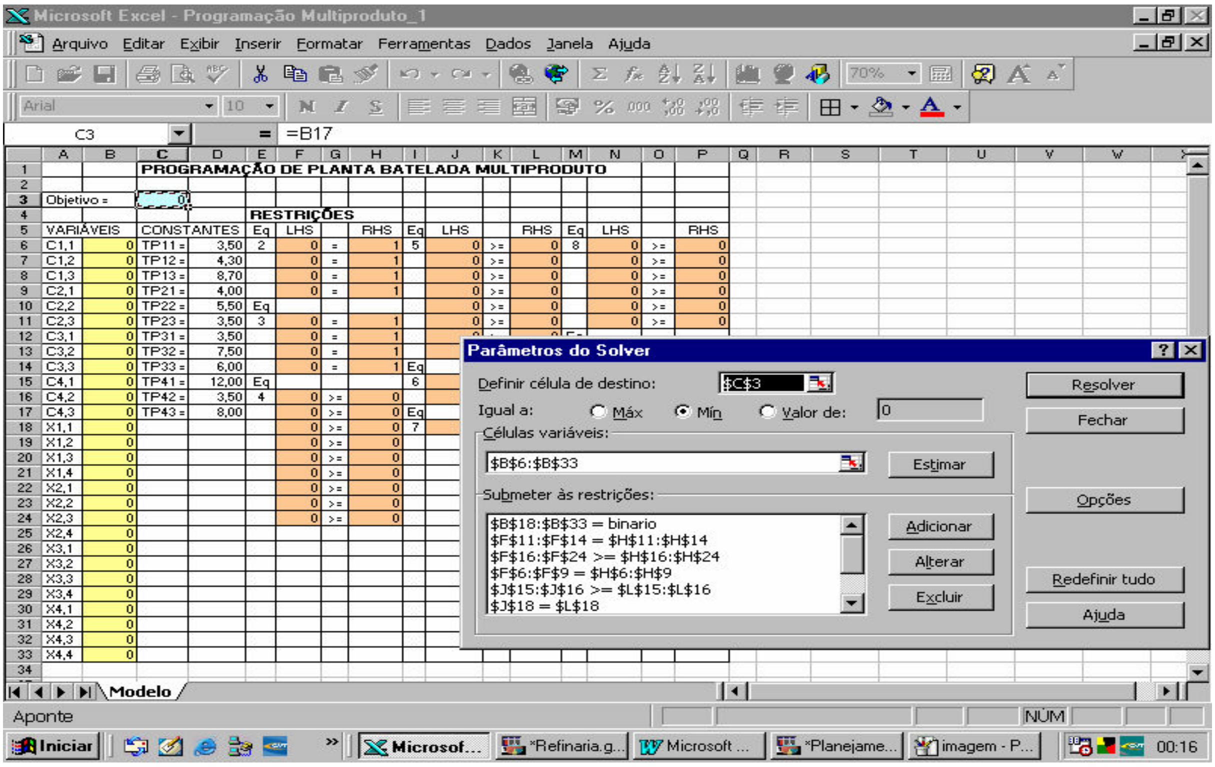

Figura 5 – Caixa de dialogo do Parâmetro do Solver

O Solver fornece várias opções que afetam a solução do problema. Estas opções estão disponíveis na caixa de dialogo Opções do Solver mostrada na Figura 6, aqui escolhe-se entre outras coisas a opção para presumir modelo linear e presumir não negativos.

As opções tempo máximo e iterações determinam quanto tempo e esforço é permitido ao Solver na tentativa de resolver o problema.

A opção Precisão especifica qual precisão é requerida para a solução do Solver.

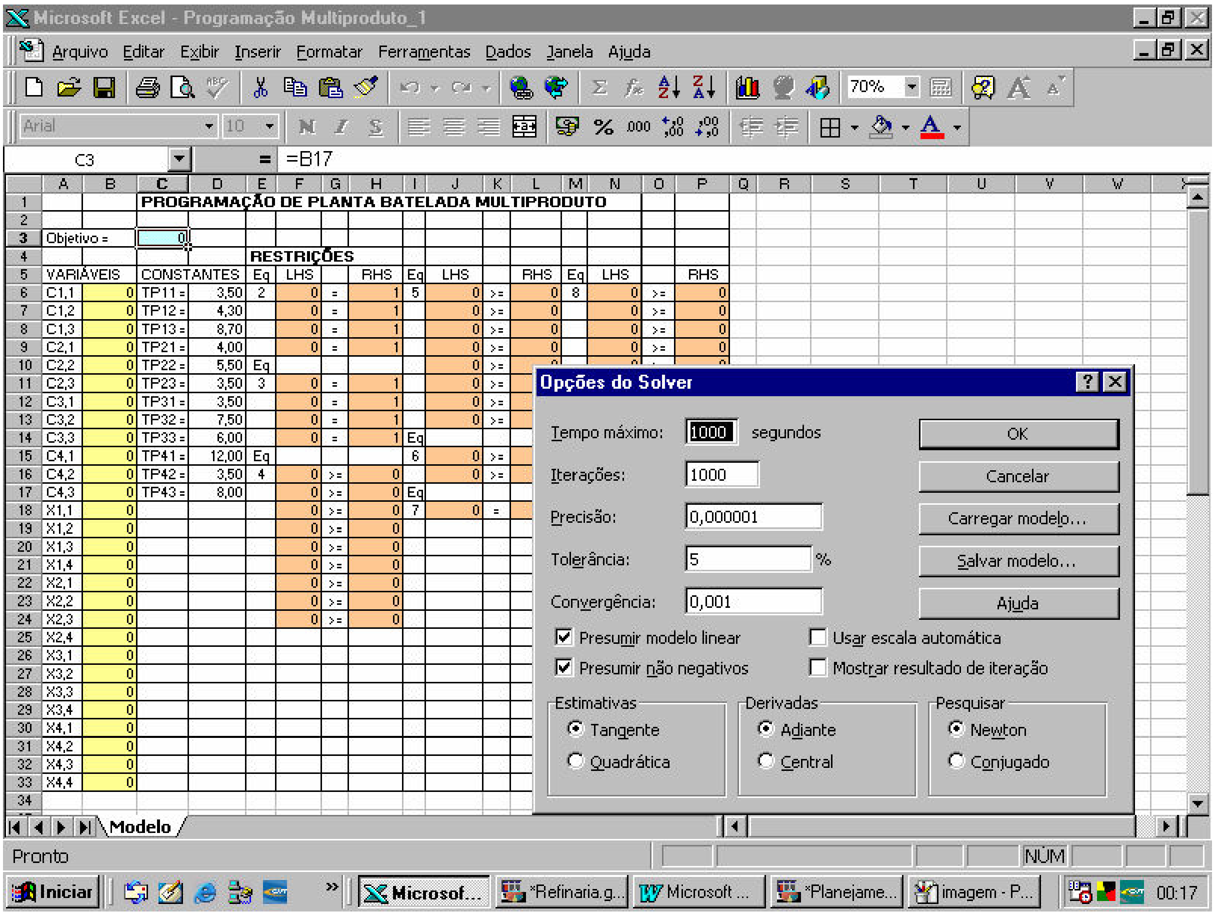

Figura 6 – A caixa de dialogo Opções do Solver

Depois de entrar com todos os parâmetros apropriados e escolher as opções necessárias para o modelo, a próxima etapa é resolver o problema, clicando no botão Resolver da caixa de diálogo Parâmetros do Solver. Quando o Solver encontrar a solução ótima, esse mostra a caixa de diálogo Resultados do Solver, mostrada na Figura 7.

Esta caixa de diálogo fornece opções para manter solução do Solver ou restaurar valores originais. Note que a caixa de dialogo Resultados do Solver também fornece opções para gerar Relatórios de Resposta, Sensibilidade, e Limites.

A Figura 8 representa a planilha da solução do nosso exemplo e mostra que o valor ótimo para a célula C3 é um *makespan* de 34,8 horas e que a seqüência ótima obtida é $X_{1,1} = X_{2,4} = X_{3,2} = X_{4,3} = 1$, isto significa que p1 está na primeira posição, p2 na quarta, p3 na segunda, e p4 na terceira , em outras palavras, a seqüência ótima está na ordem p1-p3-p4-p2.

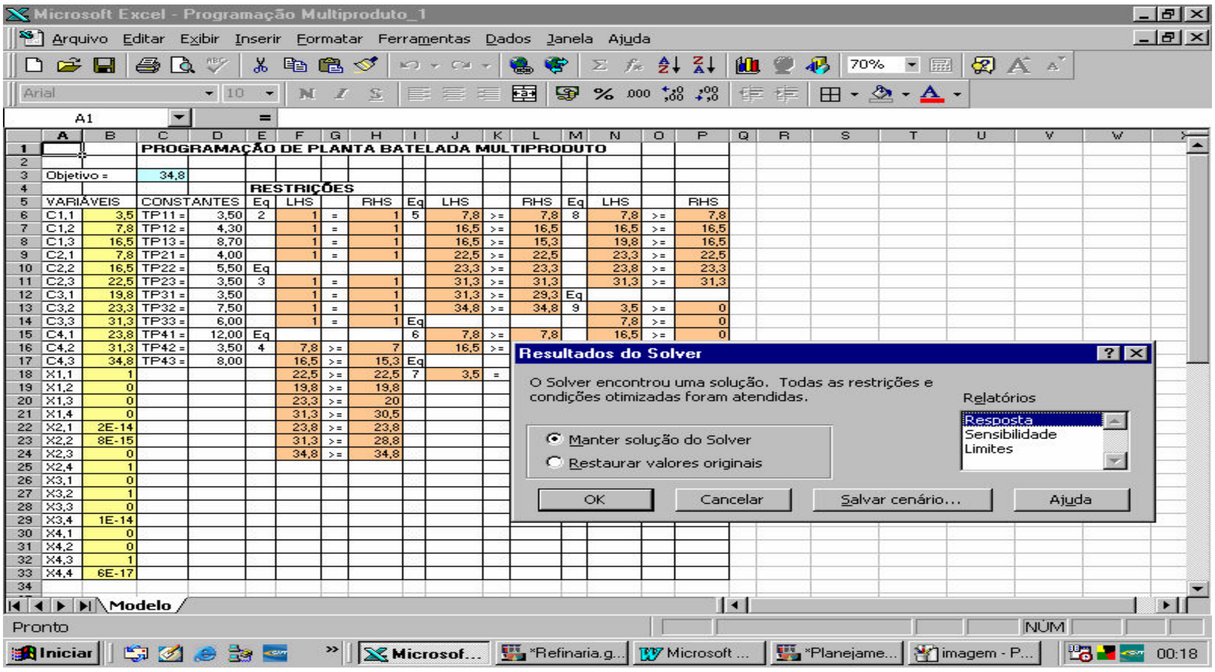

Figura 7 - Caixa de diálogo Resultados do Solver

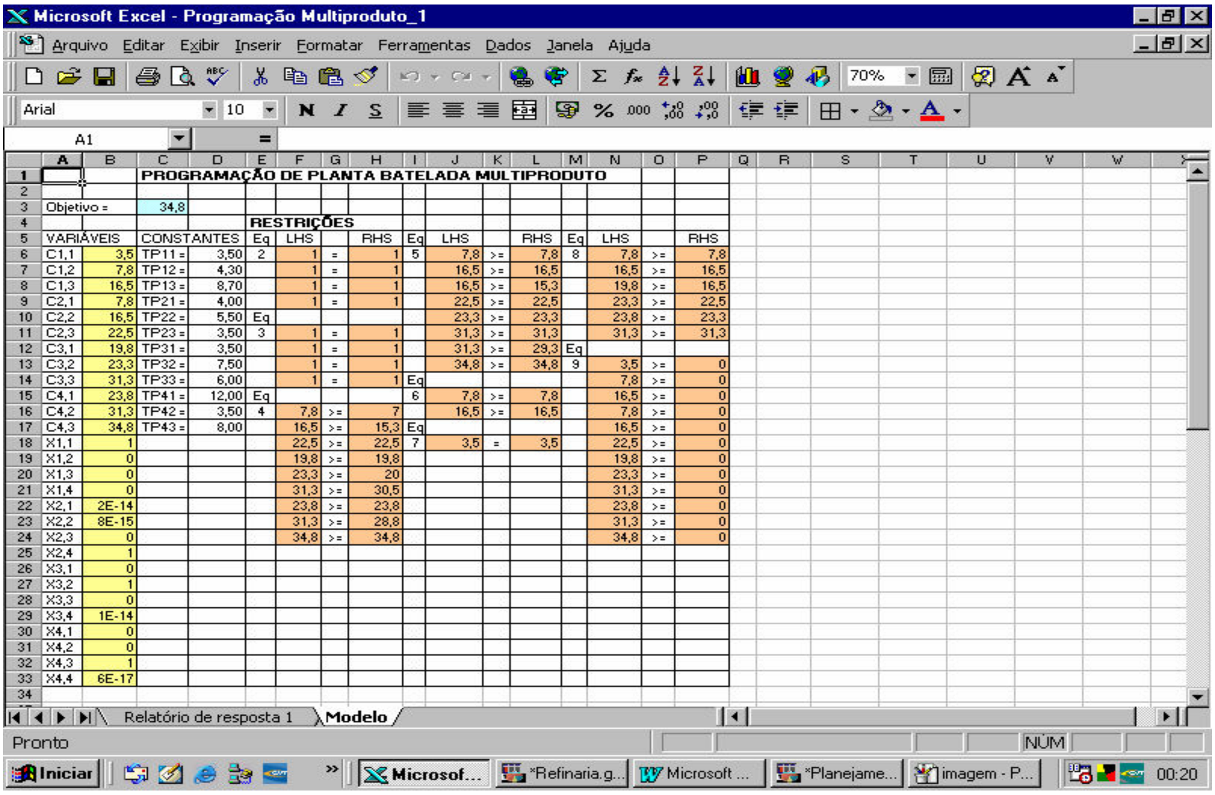

Figura 8 - Solução ótima para o Problema de Programação de Planta Batelada Multiproduto

3. CONCLUSÕES

Conclui-se que a planilha eletrônica Excel, com a ferramenta Solver, pode ser usada para a resolução de problemas de planejamento e programação da produção no lugar de pacotes de programação matemática, com algumas vantagens, tais como, simplicidade de programação, planilhas eletrônicas são de conhecimento da grande maioria de usuários de computador e praticamente todos pacotes *office* possuem uma planilha eletrônica. Sendo portanto uma ferramenta muito útil na atividade profissional e na atividade de aprendizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EDGAR, T. F.; HIMMELBLAU, D. M.; LASDON, L. S. **Optimization of Chemical Process**. 2ª ed., 2002.

PEKNY, J. F. e REKLAITIS, G. V. Towards the Convergence of Theory and Practice: A Technoloy Guide for Scheduling/Planning Methodology. In: **Proceedings of the Foundations of Computer Aided Process operations Conference-FOCAPO'98**, Snowbird, Utah, p. 1-20, 1998.

RAGSDALE, C. T. **Spreadsheet Modeling and Decision Analysis**.2ª ed. Cincinnati, Ohio, South-Western College Publishing, 1998.

USE OF ELECTRONIC SPREADSHEET IN THE RESOLUTION OF PROBLEMS OF PLANNING AND SCHEDULING OF THE PRODUCTION

Abstract: *The denomination planning and scheduling of the production refers to the processes of decision that take the allocation of resources in the time for the processing of the production tasks.The resources include as much the equipments as work hand, usefulness, etc. A method for the approach of the planning problem and scheduling of the production is to turn the problem as of Mixed Integer Linear Programming- MILP, and to solve using it commercially packages of mathematical programming such like GAMS, LINDO, etc. In this work we showed that this problem type could be solved using electronics spreadsheets as to Excel.*

Key-words: *electronics spreadsheets, planning and scheduling, MILP, Excel.*