

# Modelo de Simulação de Lotes para a Produção na Indústria de Confecção

Reynaldo Pinto Henriques

Antonio Augusto Gonçalves  
Universidade Estácio de Sá - UNESA

Harvey Cosenza

## RESUMO

*Este artigo apresenta um modelo de simulação de lotes para produção na indústria de confecção. O modelo é uma solução para a decisão sobre a programação da produção de curto prazo, tendo como referencial teórico a Teoria das Restrições e conceitos e ferramentas de modelagem e simulação de processos, com recursos de computação visual e interativa. O modelo foi aplicado, através de um projeto experimental, numa confecção no Rio de Janeiro, produzindo resultados relevantes e consistentes com a sua proposta original.*

Palavras-chave: Simulação, Confecção, Teoria das Restrições (TOC), Apoio à Decisão.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria de confecção constitui um setor relevante da indústria têxtil e se encontra disseminada em praticamente todas as economias do mundo, o que a torna extremamente competitiva.

A produção de indústrias de confecção em geral é feita por lotes, e o controle dos tempos de produção dos lotes é de fundamental importância para as entregas de pedidos de clientes.

Atrasos nas entregas podem ocorrer pela combinação de dois fatores. O primeiro é a forte dependência de mão-de-obra, uma característica desta manufatura. O segundo é a diversidade de modelos das roupas, uma exigência do negócio.

A dependência de mão-de-obra está associada ao fato de que a atividade mais crítica e menos automatizada do processo de produção de uma confecção é a costura. Esta tarefa é realizada em máquinas que ainda são operadas de maneira semelhantes às primeiras, construídas no século dezanove, requerendo a presença constante de operadoras. O trabalho de costura depende da habilidade das costureiras, o que o aproxima do artesanal, dificultando as estimativas de prazos de execução e o seu controle.

A diversidade de modelos determina diferenciação para a competitividade. Se por um lado a maior variedade de modelos tende a alavancar as vendas, por outro lado o fechamento de pedidos torna-se mais crítico. Se faltarem peças de roupas de diferentes modelos, mesmo que poucas, um pedido não será fechado e despachado para o seu comprador na data aprazada.

A exclusividade das roupas de uma confecção pode ser obtida com a aplicação de acabamentos complementares. Estes acabamentos ressaltam a criatividade dos estilistas de

moda, mas contribuem ainda mais para o comprometimento dos prazos de entrega, devido à disparidade que causam nos tempos de execução de diferentes modelos de uma mesma coleção.

Pelas razões acima relacionadas, o controle sobre os lotes em produção é fator crítico de sucesso na indústria de confecção, e motiva o presente trabalho.

O objetivo principal do presente trabalho é desenvolver uma solução para o controle da produção no curto prazo na indústria de confecção de roupas. Este problema é influenciado pela dinâmica da entrada de pedidos na fábrica e por decisões sobre precedências entre pedidos.

Para tratar o controle da produção é preciso conhecer antecipadamente os prazos consumidos para produzir lotes de peças de roupas. Um modelo capaz de simular as condições reais de produção pode prover o conhecimento dos tempos do processo produtivo, notadamente no processo de costura, o mais crítico na indústria de confecção. Conhecidos os tempos, podem ser tomadas decisões tempestivas, definindo o que será produzido a cada dia. A figura 1 mostra os processos da indústria de confecção, indicando o destaque sobre a costura, que é o foco do presente trabalho.

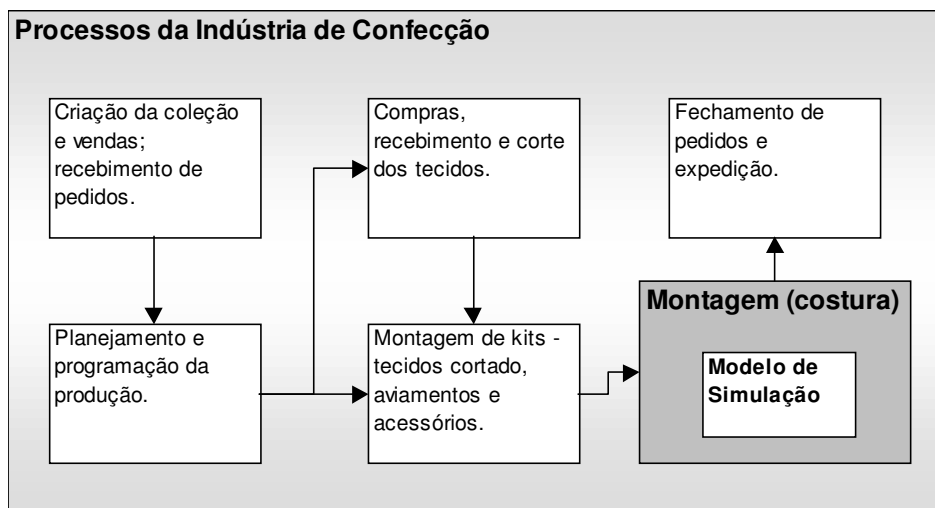


Figura 1 - Processos da Indústria de Confecção (Extraída de Henriques, 2006)

No âmbito da costura são requeridas decisões sobre as políticas operacionais, referentes a instalações e equipamentos, horas extras de trabalho, roteiros de produção alternativos e utilização de fabricação terceirizada.

## 2. METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso. Este método apresenta como vantagens a manutenção das características principais de eventos da vida real e a garantia de preservação de uma visão holística do problema estudado (YIN, 2003 p. 20). De acordo com esta referência, três condições devem ser atendidas para a escolha do estudo de caso como método de pesquisa:

- A pesquisa define “como” definir lotes de produção adequados aos prazos de entregas, com base num modelo de simulação da produção que determina os tempos consumidos na produção das peças de vestuário.

- A análise dos resultados do modelo de simulação, que reproduz o processo de produção da etapa de costura, explica “porque” a produção de um lote de roupas consome um determinado tempo de produção.
- O pesquisador não exerceu qualquer interferência no processo e nas decisões de produção. O trabalho de pesquisa foi desenvolvido numa confecção do Rio de Janeiro, que se encontra em operação regular, caracterizando um fenômeno contemporâneo e da vida real.

No processo de produção de uma confecção importa identificar as restrições que o sistema produtivo e as instalações da fábrica lhe impõem. Particularmente no caso do modelo de simulação desenvolvido, é preciso identificar os gargalos no processo de costura, que poderão comprometer seus tempos de execução.

A Teoria das Restrições (TOC - Theory of Constraints), desenvolvida pelo físico israelense Eliyahu Goldratt oferece instrumental para a compreensão e identificação do gargalo, e sugere um processo de melhoria contínua dos processos de produção para a redução das restrições.

Segundo Goldratt (2003), restrições são os obstáculos que limitam o melhor desempenho do sistema com relação à meta. Todo sistema possui pelo menos uma, e não mais que poucas restrições ou fatores limitantes. A identificação das restrições é a oportunidade para a melhoria contínua, pois permite que se enfoque o fator limitante, e que esforços sejam empreendidos no sentido de explorá-lo.

A aplicação da TOC ocorre através de um processo com cinco passos, (BURTON-HOULE, 2001).

- *1. Identificar a restrição (gargalo).*
- *2. Decidir sobre como explorar a restrição.*
- *3. Subordinar e sincronizar todos os outros elementos do processo à restrição.*
- *4. Elevar o desempenho do recurso que representa a restrição.*
- *5. Se a restrição mudar para outro ponto do processo, retornar ao passo um. Não deixar a inércia se transformar na próxima restrição.*

Vários autores abordam os temas simulação e modelagem. Banks e Carson (1984) definem técnica de simulação como a imitação de um processo ou sistema do mundo real através do tempo, podendo ser realizada manualmente ou utilizando computadores.

Para Shannon (1975), a simulação é um processo para projetar o sistema real e conduzir experimentos, com o propósito de entender o comportamento do sistema e avaliar as várias estratégias para sua operação.

Projetos e experimentos de simulação requerem modelos. Pidd (2001, p. 25) define modelo como “uma representação externa e explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja usar aquele modelo para entender, mudar, gerenciar e controlar parte daquela realidade”.

Segundo Pidd (2001), na Modelagem Visual Interativa (*VIM - Visual Interactive Modeling*) o computador é usado como um dispositivo para construir um modelo. O analista desenvolve um modelo simples, com representações na tela do computador. O modelo é então executado no computador, gerando resultados, que num processo de aproximações sucessivas, levam ao aperfeiçoamento do modelo, até ser considerado válido para o objetivo proposto.

Bell e O’Keef (1987) definem a Simulação Visual Interativa (*VIS - Visual Interactive Simulation*) com a integração de visualização de dados e da pilotagem do experimento de

simulação. Num ambiente VIS os parâmetros e variáveis de um modelo, assim como os recursos de apresentação visual podem ser modificados durante a experiência, com impacto imediato no processo de simulação.

Devido ao aumento do interesse na simulação computacional, têm sido desenvolvidos *softwares* amigáveis de simulação por eventos discretos, que permitem que o analista se concentre no modelo, tendo já disponível através desses *softwares* a programação de computação.

A modelagem computacional utiliza no desenvolvimento e simulação de um modelo, os componentes, interagindo como indicado na figura 2.

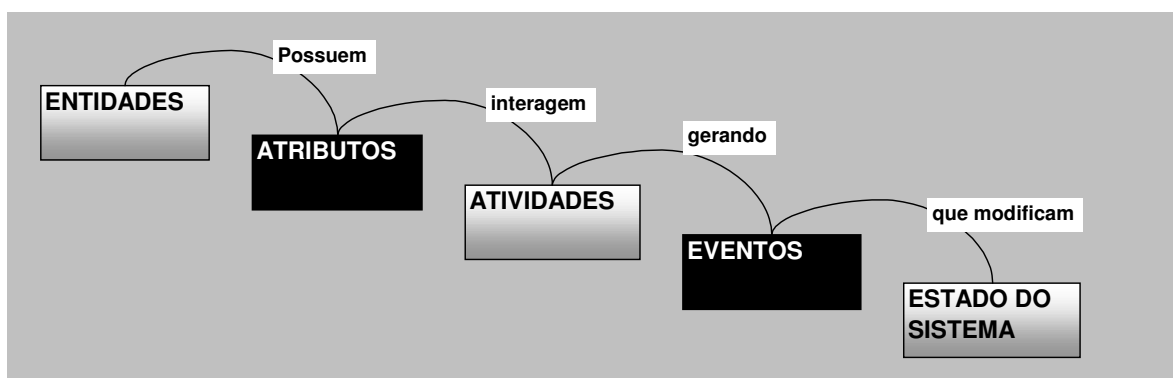


Figura 2 - Componentes de um Modelo (adaptado de Shannon,1975)

Elder (1992) define que “rodar uma simulação” significa executar o programa de computador de forma a se ter as facilidades visuais e interativas ao vivo, permitindo a interface entre o modelo matemático básico, inserido em programas de computador, e o usuário da simulação.

### 3. RESULTADOS

O processo de costura da indústria de confecção se inicia quando são formados lotes para costura, compostos de *kits* contendo as matérias primas necessárias à confecção das roupas nas quantidades definidas nos pedidos.

Os *kits* são processados em células onde é executada a costura das roupas. As roupas que não requerem acabamento complementar saem das células diretamente para a área de fechamento dos pedidos e expedição. As roupas que terão processamento adicional são encaminhadas para unidades de acabamento complementar, específicas para este fim. O fechamento dos pedidos somente ocorre quando as roupas prontas são entregues à área de expedição pelas células e unidades de acabamentos.

As restrições na produção se caracterizam quando a capacidade de produção da fábrica é excedida, função dos prazos de pedidos concorrentes. Agrava-se a pressão sobre prazos quando há uma quantidade substancial de peças de roupas que requerem processamento complementar, porque aí há fortes indícios de ocorrência de um gargalo na produção.

Conhecidas as quantidades de peças de cada pedido a ser produzido, os prazos de entrega, e a capacidade de produção da fábrica, é possível, com base num modelo computacional, simular variações nos recursos de produção e nos turnos de trabalho, identificando os estoques e as antecipações de prazos.

Deve-se buscar o melhor aproveitamento da mão-de-obra disponível, procurando reduzir as horas extraordinárias, por um lado, e a ociosidade por outro lado. A pontualidade

requer então decisões no âmbito das políticas operacionais, referentes à jornadas de trabalho, roteiros de produção alternativos e utilização de terceirização.

Estas condições determinaram a pergunta crucial a ser respondida pelo modelo de simulação: quais os tempos consumidos na etapa de costura e de acabamentos complementares no processo de produção das roupas?

Esta situação problemática confirma o objetivo do modelo, expresso na introdução deste estudo, qual seja: desenvolver uma solução para a melhoria do controle da produção no curto prazo para a indústria de confecção de roupas.

A solução será um modelo de simulação baseado em recursos de computação, gráficos e interativos, caracterizando-se como um Sistema de Apoio à Decisão (SAD). A figura 3 ilustra o modelo conceitual da produção de uma confecção.

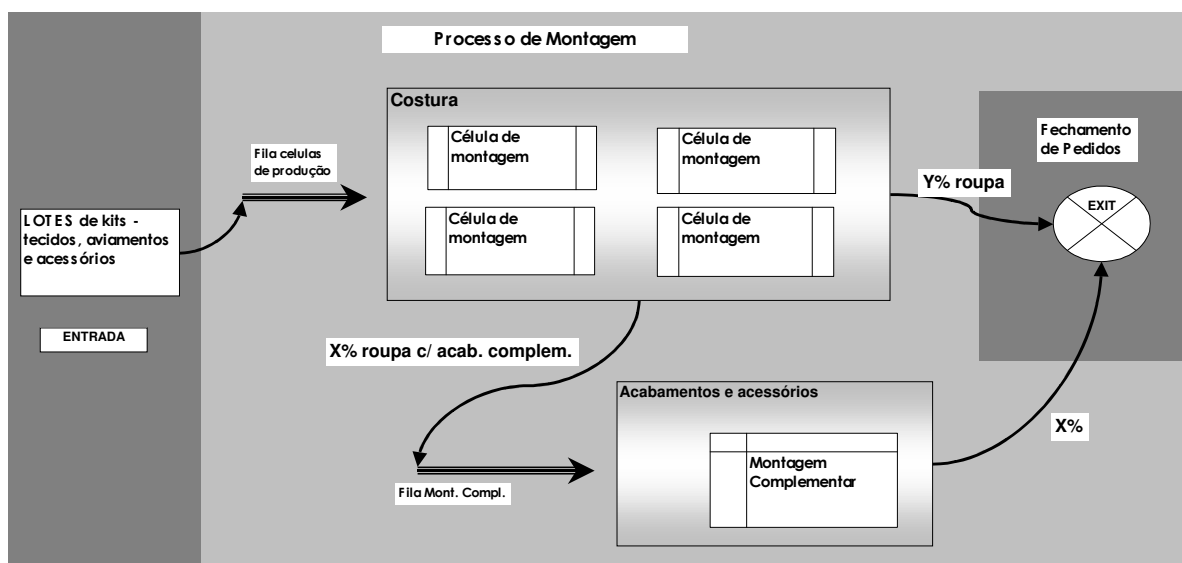


Figura 3 – Modelagem do processo de produção (extraída de Henriques, 2006)

Os elementos utilizados no modelo conceitual são *entidades* e *instalações*. A figura 3 mostra a *entidade* de entrada do processo de transformação, representada pelo *lote de kits de tecido, aviamentos e acessórios* para costura, e as *instalações* *fila*, *célula de montagem* e *montagem complementar*. As entidades que representam o resultado final do processo são *roupa* e *roupa com acabamento complementar*.

A coleta de dados foi realizada com base na experiência dos especialistas em produção da fábrica.

Um ponto chave no processo de simulação corresponde à determinação das funções densidade de probabilidade para as variáveis a serem simuladas. Existem muitas funções que podem ser utilizadas. De acordo com Kelliher e Mahoney (apud PAIXÃO et al, 2005) há alguns passos para se determinar qual a distribuição se enquadra mais perfeitamente a cada variável. No caso de existirem dados históricos válidos, existe a possibilidade de que seja encontrada a distribuição que mais se adequa àquela variável utilizando *softwares* específicos de simulação. Contudo, mesmo com dados históricos à disposição, grande parte da seleção de distribuições de frequências é dirigida pela subjetividade e experiência do analista.

Bressan (apud ASSIS et al) afirma que a distribuição triangular é usada, mais comumente, quando o objetivo é obter uma aproximação na ausência de dados, a qual permite ajustar uma distribuição mais adequada, ou quando se conhece apenas os valores mais prováveis, mínimo e máximo da variável, mas não se conhece muito sobre a distribuição

empírica dos dados. Este é o caso do presente estudo, no qual há grande diversidade de modelos de roupas num lote de produção, o que torna impossível medir individualmente os tempos de produção.

Um modelo uma vez concebido e desenvolvido será codificado através de linguagens de programação de computadores. No presente estudo optou-se por utilizar um software em lugar de desenvolver programas de computador para realizar a simulação do modelo. Foi selecionado o *Promodel*, por sua facilidade de uso, versatilidade e oferta de recursos para modelagem e simulação.

O *Promodel* trabalha com entidades permanentes (que se convencionou chamar *instalações*) - e com entidades temporárias (chamadas *entidades*). As primeiras são as instalações físicas e equipamentos utilizados no processo de costura; e as entidades são objetos do processo de transformação industrial, desde as matérias primas (*kits*).

Todas as condições definidas no modelo conceitual puderam ser informadas no *Promodel*, cujas funcionalidades gráficas facilitam a visualização e a construção do modelo.

O modelo computacional foi validado e verificado.

A verificação serve para confirmar a adequação do software selecionado para o modelo, testando se o modelo computacional executa a simulação e produz resultados coerentes.

Da Silva (2005) recomenda alguns procedimentos na verificação de um modelo: (a) usar duas ou mais pessoas, (b) rodar o programa para um conjunto variado de situações procedendo a análises dos dados de saída, (c) rastrear o programa verificando a execução dos procedimentos, (d) observar a animação, e (e) comparar os valores gerados pelo uso de distribuições aos observados em sistemas reais.

A validação vai além da homologação, porque não apenas verifica se o modelo funciona e produz resultados, mas procura confirmar se o modelo de fato representa a situação real que se procurou simular. Um dos ferramentais mais poderosos para a validação de um modelo é a realização de análises de sensibilidade. Deste modo, verificam-se como os resultados da simulação se modificam mediante alterações dos valores das variáveis de entrada e parâmetros do sistema.

A aplicação do modelo foi realizada através de um Projeto Experimental, desenvolvido para a indústria na qual se desenvolveu o presente estudo de caso. O modelo computacional do projeto experimental é mostrado na figura 4 a seguir.

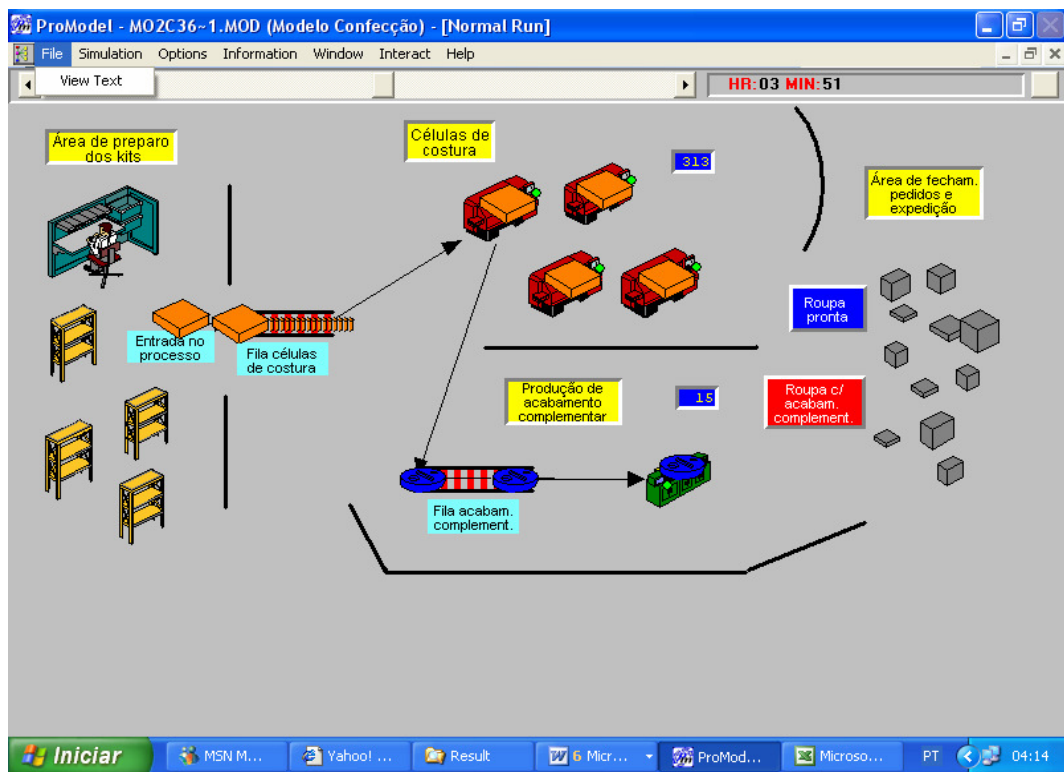


Figura 4 – Modelo computacional para simulação (extraído de Henriques, 2006).

Para cada cenário a ser simulado se deseja medir os tempos de produção e taxas de utilização das entidades permanentes. As simulações neste projeto experimental devem responder a seguinte pergunta: qual o prazo para produzir um lote de 3200 peças de vestuário, sendo que 20% das roupas produzidas requerem acabamento complementar?

Esta pergunta será respondida através do modelo de simulação, em quatro cenários: no cenário 1 se considera a capacidade instalada existente (quatro células de costura e uma unidade de acabamento); no cenário 2 é adicionada mais uma unidade de célula de costura; no terceiro cenário é adicionada mais uma unidade de acabamento complementar; e no cenário 4 simula-se o aumento de capacidade simultâneo, nas células de costura e no acabamento complementar.

Os resultados do modelo de simulação, obtidos após a realização dos experimentos, são apresentados. Inicialmente são mostrados os tempos de produção indicados pelo modelo, para cada cenário formulado (quadro 1). Em seguida são apresentados no quadro 2 os percentuais de utilização das instalações – células de costura e unidades de acabamento complementar.

Cenário	Tempo informado pelo PROMODEL (minutos)		Tempo de execução informado no modelo (minutos)	
	Horas:minutos	Minutos	Roupa pronta = 80% do lote (minutos)	Roupa c/ acabamento complementar = 20% do lote
<b>CENÁRIO 1</b> - 4 células produção, 1 unid. acabamento complementar	170hs 39min	<b>10.239</b>		
<b>CENÁRIO 2</b> - 5 células produção, 1 unid. acabamento complementar				

Quadro 1 - Resumo dos tempos de processamento (extraído de Henriques, 2006)

Cenário	Utilização das Instalações (%)	
	Células de costura	Unidades de acabamento complementar
C 1 - Capacidade atual	<b>86,51</b>	<b>99,94</b>
C 2 - Aumento de capacidade nas células de costura	<b>86,43</b>	<b>99,97</b>
C 3 - aumento de capacidade no acabamento complementar	<b>86,17</b>	<b>99,67</b>
C 4 - aumento de capacidade nas células e no acabamento complementar	<b>85,78</b>	<b>99,81</b>

Quadro 2 - Taxas de Utilização das Instalações (extraído de Henriques, 2006)

#### 4. CONCLUSÕES

A primeira conclusão obtida com o projeto experimental é que o recurso crítico do processo de costura é a unidade de acabamento complementar – que opera com uma taxa de utilização sempre próxima de 100% - e que se obtêm ganhos substanciais nos prazos de produção quando este recurso é aumentado. Conclui-se também que o aumento de capacidade nas células de costura, que não são o recurso crítico do processo, não leva à superação da restrição.

Conhecidos os resultados do modelo nos quatro cenários formulados no Projeto Experimental, são examinados seus efeitos em três alternativas de utilização da mão-de-obra: alternativa I na qual a produção ocorre na jornada de trabalho padrão (8,8 hs/dia útil); alternativa II com a adição de mais 4 horas por dia útil de trabalho; e a alternativa III, em horário padrão, mas direcionadas para terceiros 30% das peças que não requerem acabamento complementar.

O cruzamento das alternativas de utilização da mão-de-obra e dos cenários simulados enseja análises sob dois enfoques: o da eficácia e o da eficiência, como se verá adiante.

Do ponto de vista da eficácia, o quadro 3 mostra os tempos consumidos na produção do lote, no qual se verifica que a combinação de alternativas e cenários que produz os menores prazos, é a que aumenta as jornadas de trabalho e acrescenta mais uma unidade de acabamento complementar, respectivamente (alternativa II com os cenários 3 e 4). Também



se constata que a terceirização parcial não contribui para reduzir a restrição identificada na unidade de acabamento complementar.

Cenário	Alternativa I - Horário Padrão (8,8 hs/dia)	Alternativa II - Horário Estendido (12,8hs/dia)	Alternativa III - Horário Normal (8,8hs/dia) + Terceirização
	Lote produzido na fábrica = 3.200 unid., acabam. Complem. 640 peças	Lote produzido na fábrica = 3.200 unid., acabam. Complem. 640 peças	Lote produzido na fábrica = 2.432 unid.; produção terceirizada = 768 unid.
	Tempo de produção (dias úteis)	Tempo de produção (dias úteis)	Tempo de produção (dias úteis)
C 1 - Capacidade atual	<b>19,4</b>	<b>13,3</b>	<b>19,4</b>
C 2 - Aumento de capacidade nas células de costura	<b>19,4</b>	<b>13,3</b>	<b>19,4</b>
C 3 - aumento de capacidade no acabamento complementar	<b>9,6</b>	<b>6,6</b>	<b>9,3</b>
C 4 - aumento de capacidade nas células e no acabamento complementar	<b>9,4</b>	<b>6,5</b>	<b>9,8</b>

Quadro 3: Tempos de Produção do Lote por Cenário e Alternativa (extraído de Henriques, 2006)

Sendo medida de eficácia a pontualidade nas entregas, ressalva-se que ela não está necessariamente associada ao menor prazo de produção, mas ao prazo suficiente para realizar as entregas sem atraso. Por esta razão nem sempre a alternativa a ser escolhida é a que apresentar o menor tempo de execução. Esta perspectiva traz a conveniência de adotar um outro elemento de análise: a verificação da eficiência de cada alternativa estudada, o que se mede pelo seu custo.

Para avaliar as alternativas sob o enfoque da eficiência, serão calculados os custos da mão-de-obra utilizada, nos mesmos cenários e alternativas em estudo. Foram considerados os seguintes parâmetros: cada célula de costura e unidade de acabamento opera com oito costureiras; a hora-padrão de costureira vale R\$ 3,60 e a hora-extra R\$ 5,40 (cinco reais e quarenta centavos).

O quadro 4 resume os custos da mão-de-obra para execução do lote definido no projeto experimental. Neste quadro se evidencia que os menores custos de cada alternativa estão no cenário 3.

Horário mão-de-obra própria		Padrão (8,8 hs/dia)	Estendido (12,8 hs/dia)	Padrão (8,8 hs/dia)	
Custo/célula/dia (R\$)		253,44	426,24	253,44	
Alternativas (quant. peças produzidas)		Alternativa I - lote 3200 pçs. (640 acabam. complem.)	Alternativa II - lote 3200 pçs. (640 acabam. complem.)	Alternativa III - lote 2432 pçs. (640 acabam. complem.) + 768 terceiros	
Cenário	Instalações		Custo de Produção do Lote (mão-de-obra)		
	Células costura (unid)	Acabam. complem. (unid)			
CENÁRIO 1	4	1	24.573,60	28.413,23	24.597,60
CENÁRIO 2	5	1	29.517,12	34.129,17	29.522,88
CENÁRIO 3	4	2	14.558,40	16.833,15	14.204,16
CENÁRIO 4	5	2	16.675,68	19.281,26	17.330,88
<b>Legenda</b>		Alternativas e cenários que requerem investimentos nas unidades de produção			

Quadro 4 - Comparação dos custos de produção (extraído de Henriques, 2006)

A análise conjunta dos resultados indica que as melhores combinações de prazo (eficácia) e custo (eficiência) estão no cenário 3, como se vê no quadro 5 abaixo. A escolha da melhor alternativa depende da decisão sobre os investimentos necessários à instalação de mais uma unidade de acabamento complementar. Não havendo investimentos, o cenário 1 é o único possível.

Cenário	Horário		Padrão (8,8 h/dia)	Estendido (12,8 h/dia)	Padrão (8,8 h/dia)			
	Custo/célula/dia		253,44	426,24	253,44			
	Instalações		Altern. I - lote 3200 pçs.	Altern. II - lote 3200 pçs.	Altern. III - lote 2432 pçs.			
	Células costura	Unid. acabam. complem.	Dias	R\$	Dias	R\$	Dias	R\$
CENÁRIO 1	4	1	19,4	24.573,60	13,3	28.413,23	19,4	24.597,60
CENÁRIO 2	5	1	19,4	29.517,12	13,3	34.129,17	19,4	29.522,88
CENÁRIO 3	4	2	9,6	14.558,40	6,6	16.833,15	9,3	14.204,16
CENÁRIO 4	5	2	9,4	16.675,68	6,5	19.281,26	9,8	17.330,88

Quadro 5 – Prazos e custos de produção do lote do projeto experimental (extraído de Henriques (2006))

## 5. RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho foi realizado com o propósito de prover uma solução para o controle e decisão sobre a fabricação de lotes de roupas numa confecção. A abordagem utilizada considerou dois elementos principais: a possibilidade de antecipação do conhecimento dos prazos para produção e a necessidade de identificação dos gargalos de

produção. Nesta abordagem trabalhou-se com conceitos de simulação computadorizada, e utilizou-se a Teoria das Restrições (TOC), respectivamente.

A solução desenvolvida consubstanciou-se em um modelo de simulação do processo produtivo de uma confecção, que permite identificar o gargalo no processo e em consequência decidir sobre como explorar esta restrição, influenciando diretamente na programação da produção. Como visto no referencial teórico, com respeito à TOC, se entendermos que a pontualidade é uma das metas da empresa, a identificação do gargalo na produção e sua redução ou eliminação nos irá aproximar do atingimento desta meta. Reconhecida a restrição, é preciso decidir como explorá-la e subordinar a ela os demais recursos do sistema.

O modelo de simulação desenvolvido é uma ferramenta de suporte à decisão (SAD – Sistema de Suporte à Decisão), no qual podem ser analisados cenários, obtendo-se de forma rápida respostas antecipadas sobre “o que aconteceria se...”. As respostas providas pelo modelo geram possibilidades de solução para o problema de controle dos lotes.

Do ponto de vista de sua operação, o modelo de simulação tem duas propriedades relevantes: utiliza recursos gráficos e de animação, através dos quais o usuário do modelo “vê” o processo na tela do computador, dinamicamente; interage com o usuário, que informa parâmetros, “roda” simulações e obtém respostas do modelo.

O trabalho poderá ter desdobramentos. Pode-se recomendar a aplicação do modelo de simulação em outros processos da confecção, por exemplo, ao processo de vendas, para apoiar as negociações dos prazos de entrega. A utilização em outras confecções também é recomendável porque, sendo o modelo parametrizado, é fácil a sua adequação à particularidades de diferentes processos produtivos.

As recomendações finais são para que o modelo evolua para se tornar um sistema de gestão da produção em confecções; e para que ele seja adaptado para aplicação em outras indústrias, que guardem características semelhantes às de confecções, nas quais a produção é associada à pedidos de clientes (*make-to-order*); e onde a pontualidade é decisiva para a competitividade.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, J.P, NETO, D.D, NASS, L.L, MANFRON, P.A, BONNECARRÈRE, R.A.G.e MARTIN, T.N. Simulação estocástica de atributos do clima e da produtividade potencial de milho utilizando-se distribuição triangular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, mar. 2006.

BANKS, J.; CARSON, J. S. **Discrete-event System Simulation**. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, N.J, 1984.

BELL, P.C.; O'KEEF, R. M. Visual interactive simulation: history, recent developments and major issues. **Simulation**, 49, n. 3, p. 109-116, Sept. 1987.

BOURTON-HOULE, T. **The Theory of Constraints and its Thinking Processes**: a brief introduction to TOC. New Haven: The Goldratt Institute, 2001.

COSTA, R. S. **Pontualidade total na produção sob encomenda**: conceito, tecnologia e uso da simulação computacional na gestão do chão-de-fábrica. Tese (Doutorado em Ciências) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Rio de Janeiro, mar. 1996.

ELDER, M. D. **Visual interactive modelling**: some guidelines for its implementation and some aspects of its potential impact on operational research. Tese (PhD Management Science) - University of Strathclyde, Glasgow, Scotland, 1992.

GOLDRATT, E. M.e COX, J. **A meta**: um processo de melhoria contínua. São Paulo: Nobel, 2003.

HENRIQUES, R.P. **Modelo de apoio à decisão para a pontualidade na indústria de confecção**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial da Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, nov. 2006.

PAIXÃO, R.B, BRUNI, A.L., WOUTERS, S.J. Aperfeiçoando decisões de investimento em condições risco. Monte Carlo: um estudo no setor petroquímico. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO FEA, 8., São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2005.

PIDD, M. **Modelagem empresarial**: ferramentas para tomada de decisão. Porto Alegre: Artmed, 2001.

SHANNON, R.E. **System simulation**: the art and science. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, 1975.

DA SILVA, L.C. **Verificação, validação e experimentação com modelos de simulação**. Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal do Espírito Santo. Boletim Técnico MS 03/06, jun. 2006.

YIN, R.K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Artmed, 2005.