

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA LINHA DE FIAÇÃO DE ALGODÃO BASEADA EM FILATÓRIOS

Gislaine Camila Lapasini Leal

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Curitiba - PR
Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Estadual de Maringá
Maringá - PR
gclleal@uem.br

Ricardo Luders

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Curitiba - PR
e-mail

RESUMO

A concorrência internacional obriga as empresas brasileiras a buscarem o diferencial competitivo, entretanto muitas vezes a própria tecnologia defasada torna-se um empecilho para isto. Por esse motivo, torna-se o grande desafio da fiação beneficiar as fibras mantendo um alto padrão de qualidade com custos baixos. A Indústria de Fios em estudo apresenta problemas operacionais e defasagem tecnológica os quais impactam na produtividade da empresa. O foco de estudo é a fiação convencional que apresentam as maiores perdas de produtividade ao longo do ano e pretende-se investir em um processo de modernização. Com o modelo elaborado foi possível visualizar o gargalo do processo, identificar o uso dos recursos, bem como o tamanho e tempo de fila. Estas informações são relevantes e podem ser consideradas no processo de tomada de decisão acerca da modernização da linha convencional. Os resultados obtidos demonstram que as falhas do sistema impactam em uma redução da produção da ordem de sete vezes e em um aumento do tempo de passagem da ordem de 45%, enfatizando assim a necessidade de atuar nas falhas para minimizar seus impactos no processo produtivo.

Palavras chave. Simulação. Fiação

ABSTRACT

The International competition forces the brazilian companies to seek competitiveness. In general, the outdated technology itself becomes a hindrance to brazilian companies. For this reason, it becomes the great challenge of spinning fibers benefit from maintaining a high standard of quality with low costs. The Wire Industry in this study has technological and operational issues that impact in productivity. The focus of study is the conventional wiring with the largest losses in productivity over the years and we intend to invest in a modernization process. With the model developed was possible to visualize the neck of the case, identify the use of resources as well as the size and queue time. This information is relevant and can be considered in making the decisions on the modernization of the conventional line. The results show that the system failures impact in a reduction in production of around seven times and an increase in transit time of about 45%, thus emphasizing the need to act to minimize their impact on the production process.

First keyword. Simulation. Spinning.

1. Introdução

No Brasil o setor têxtil encontra-se mais produtivo e competitivo. No entanto, ainda é evidente sua vulnerabilidade em relação à competição externa, em que as indústrias de fios de algodão sintéticos nacionais sentem o forte impacto das importações (Maiellaro e Calarge, 2005). Souza (2009) destaca que as empresas nacionais têm como desafio constante manter sua sobrevivência por meio da redução de custo e aumento da produtividade, uma vez que, até o presente momento a competição tem sido desigual frente às tecnologias das empresas asiáticas em especial. Lezeck e Nunes (2002) ressaltam que a cadeia têxtil apresenta um mercado autoseletivo, devido à modernização de processos e acomodação de preço, impactando em redução da margem de lucro e o ajuste da referência dos preços. Diante deste cenário, ter elevada produtividade, baixo custo, alta qualidade e processos eficientes passam a representar requisitos essenciais para a sobrevivência neste mercado.

A indústria da fiação dispõe de processos convencionais. E uma das preocupações está relacionada à modernização de parte desta linha de produção. Entretanto, este processo está sujeito a diferentes tipos de falha que afetam sua produtividade. Assim, os investimentos devem ser criteriosamente analisados, pois uma expectativa de melhoria pode ser frustrada quando se subestima o impacto das falhas.

A simulação consiste em uma representação de um sistema real por meio de um modelo, que permite projetar e avaliar os sistemas. Com o uso desta técnica é possível prever o comportamento dos sistemas ou o efeito da mudança de um parâmetro em seu regime de funcionamento. Isto é, a simulação fornece subsídios para analisar diversos cenários para a tomada de decisão, analisando o funcionamento dos sistemas antecipadamente e o efeito das mudanças (Law e Kelton, 1991). Montevechi et al. (2007) apontam que a simulação permite estudar o comportamento de um sistema sob diversas condições, sem riscos físicos e/ou altos custos envolvidos.

Uma das maiores aplicações da simulação é em sistemas de manufatura, os quais consistem de muitas operações discretas perturbadas por fenômenos aleatórios e não lineares. Neste tipo de sistema é adequada a simulação de eventos discretos, pois as mudanças discretas predominam. Banks et al. (2005) e O'Kane et al. (2000) destacam que os modelos de simulação tornaram-se uma das técnicas mais populares empregadas na análise de sistemas industriais complexos devido à possibilidade de “imitar” um procedimento real em menor tempo e com menor custo.

Law e Kelton (1991) comentam que os resultados da simulação podem destacar a necessidade e quantidade de máquinas, equipamento, funcionários extras, avaliar desempenho e até mesmo os procedimentos operacionais da empresa. Os indicadores de desempenho mais utilizados são número de peças produzidas, tempo de espera ou porcentagem de utilização dos recursos (funcionários e equipamentos).

Diante deste cenário de busca pela competitividade o objetivo deste trabalho é apresentar um modelo de simulação de eventos discretos para uma fiação de algodão baseada em filatórios e analisar o impacto do setor de autoclave. A autoclave é um equipamento custoso que pode ser compartilhado. Em uma fiação, a autoclave exerce um papel importante, pois é responsável por fixar a torção e adicionar água ao fio, o que garante que o mesmo tenha a torção especificada, conferindo assim os padrões de qualidade exigidos pelo mercado.

Este texto encontra-se estruturado em 6 seções, além desta introdutória. A Seção 2 descreve o método de pesquisa utilizado. Na Seção 3 é apresentado o cenário do setor. O modelo de simulação proposto e os resultados obtidos são descritos nas Seções 4 e 5, respectivamente. Por fim, na Seção 6 têm-se as considerações finais, destacando as limitações, dificuldades e trabalhos futuros.

3. Descrição do problema

A indústria tratada neste artigo é uma indústria típica de fios que industrializa e

comercializa subprodutos têxteis que vão desde fios puros de algodão a fios sintéticos a base de viscosa, poliéster e outros. Seus clientes principais são malharias dos estados de Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. Em geral, os produtos finais resultantes da comercialização dos fios produzidos nesta indústria variam desde itens de vestuário (moletoms, malhas, brim), cama, mesa e banho, materiais industriais (lonas e luvas) e cirúrgicos (gases e ataduras).

A produção desta indústria gira em torno de 700 toneladas de fios por mês. Os produtos são fios *open-end* cardados (fiação por rotor) e fios convencionais cardados (fiação a anel) cujo título (relação entre massa e comprimento do fio) varia de Ne27 8/1 a Ne 30/1. As fibras utilizadas na indústria são bem diversificadas, algodão, poliéster, poliéster ecológico (pet), viscosa, polímero poliamida, linho e outros.

O processo de fiação apresentado neste trabalho é o de fios singelos também chamados de fios simples que se apresentam de forma isolada. Ou seja, apresentam-se na forma de um único fio, sem serem retorcidos, sendo obtidos por uma sequência de estiragem e torção da fibra que ocorrem em várias etapas, descritas a seguir.

O início do processo ocorre na sala de abertura de fardos, que é composta por diversas máquinas em sequência. O operador rasga uma manta de cada fardo da mistura de modo a manter a uniformidade da matéria-prima para abastecer o abridor que efetua a limpeza do algodão. Utilizando basicamente o recurso de cilindros pontiagudos e grelhas, o algodão é batido para permitir a retirada de terra, folhas e cascas. Daí o nome sala de abertura ou batedor. Os flocos (denominação do algodão limpo) alimentam o processo posterior de cardas por meio de fluxo pneumático. Ao algodão limpo denominam-se flocos e estes alimentam o processo posterior de cardas através de fluxo pneumático.

O algodão misturado e limpo do abridor segue para as cardas por meio de tubulações. A função destas máquinas é transformar os flocos em manta através da penteagem das fibras, ocorrendo o início de sua paralelização. Na sequência, as fibras são transformadas em véu e posteriormente compactadas em fita por meio da estiragem, sendo acondicionadas em recipientes denominados latões ou vasos. Nesta máquina conclui-se o processo de limpeza do algodão.

As latas de fita resultante das cardas são transportadas até as passadeiras. Estas máquinas têm a finalidade de realizar a dublagem das fitas (uniformizar o peso por unidade de comprimento), paralelizar as fibras, efetuar a estiragem no produto, retirando os ganchos oriundos do processo de cardagem e corrigir o título da fita. Ou seja, destinam-se à continuidade e melhoria do processo de paralelização das fibras, promovendo a homogeneização da mistura (tonalidade) e regularização do título da fita (espessura da fita). O produto final da passadeira é a fita enrolada dentro de uma lata assim como a da carda, mas de menor dimensão.

As latas de fitas de passadeiras que seguem para o filatório convencional são transportadas para as maçarqueiras. As maçarqueiras têm a função de reduzir a embalagem de material, estirar a fita (afinar o produto e paralelizar ainda mais as fibras) e aplicar uma pré-torção. Ou seja, transformam a fita em pavio, formando a maçaroca que irá alimentar os filatórios anel.

As maçarocas são transportadas para o filatório. Esta máquina tem a finalidade de estirar o pavio proveniente das maçarqueiras, paralelizar e torcer com a finalidade de dar resistência ao fio. O pavio é então transformado em fio, dando as características finais de acordo com o uso pré-definido (título e torção). O fio é depositado em canilhas, sendo o conjunto denominado espulas. Do setor de filatório, as espulas seguem para a conicaleira. Esta máquina transfere o fio que está depositado na canilha para o cone de papelão formando a roca de fio. Neste processo são purgadas as imperfeições geradas durante os processos anteriores, ou seja, são eliminados defeitos nos fios, tais como: pontos finos e fracos, pontos grossos, *neps* (aglomerado) e nós.

Após passar pelos filatórios, as rocas seguem para a vaporização realizada na autoclave, cuja finalidade é estabilizar os fios e aliviar as tensões internas dos mesmos. A vaporização é realizada de acordo com as propriedades termoplásticas dos fios. A temperatura depende da natureza do fio, ponto de amolecimento, fusão, entre outras características. Depois de

vaporizadas, as rocas vão para a embalagem. O produto final da indústria de fios são bobinas ou rocas de fio.

O algodão comercializado no mercado brasileiro tem apresentado uma queda de qualidade, o que obriga as fiações nacionais a monitorar e melhorar seus processos para se manterem competitivas. A indústria analisada apresenta tecnologia defasada em relação aos concorrentes, o que implica que sua competitividade deve ser garantida pela excelência nos processos (Galo e Leal, 2011). No entanto, ao analisar o desempenho do ano de 2011 até o mês de junho, verifica-se a ocorrência de perdas de produção, como pode ser visto na Figura 1.

Ganhos e Perdas 2011



Figura 1- Perdas de produção de janeiro a junho de 2011.
Fonte: Galo e Leal (2011).

Observando ainda a Figura 1, é possível notar que as perdas acumuladas até junho de 2011 atingiram 89 toneladas de fios. As perdas são calculadas em relação à produção prevista de acordo com a capacidade de produção de cada equipamento. Para tentar identificar as características reais do problema, foram realizadas observações e análise dos dados no período de janeiro até junho de 2011. Por meio desta análise foi possível identificar a ocorrência de diversas falhas no processo produtivo, tais como: perdas por ineficiência operacional ou da matéria-prima, espera de processo/contagem do processo, operações e serviços, falta de mão de obra, preparação, falha operacional e parada não industrial (Galo e Leal, 2011). Somadas, estas perdas equivalem a aproximadamente 89 toneladas.

As perdas por ineficiência, por parte operacional e matéria-prima estão relacionadas a problemas específicos no fornecimento e não de safra como um todo, uma vez que estes problemas não podem ser controlados. Um exemplo desse tipo de problema é a ocorrência de chuvas que faz com que a matéria-prima fique caramelizada. A caramelização é a condição do algodão em que apresenta excesso de açúcar, dificultando os processos de fiar em função das fibras tenderem a grudar com a absorção de água. Por consequência, ocorrem rupturas e enrolamentos nos filatórios em dias úmidos.

A espera de processo/contagem de estoque é ocasionada quando o processo anterior não está suprindo o processo nos filatórios, que é o gargalo do processo produtivo. As perdas por operações e serviços são aquelas que envolvem intervenções que mantêm a máquina ociosa. A perda por falta de mão-de-obra é relativa ao elevado índice de absenteísmo registrado. A preparação é referente ao *setup* da máquina após algum procedimento como manutenção ou troca de título. A falha operacional consiste em um erro cometido pelo operador e a parada não industrial envolve o tempo que a máquina ficou parada e improdutivo sem motivo, apenas pelo seu desligamento.

4. Modelo de Simulação

A simulação foi realizada no processo produtivo que envolve filatórios e a produção de fios singelos 100% Algodão Ne 24. Os filatórios foram considerados por se tratar de um processo com baixa produtividade e alto índice de falhas, o que demanda por estudos para melhorar a produtividade. O fio 100% Algodão Ne 24 foi selecionado por ser um dos produtos mais vendidos da indústria de fios e, portanto, de maior produção.

Os dados foram obtidos por meio de uma observação *in loco* durante um período livre de interrupções (sem ocorrência de falhas ou paradas). A partir dos dados de produção por hora foi possível obter o tempo necessário para produzir um quilograma de fio. A Tabela 1 apresenta os dados coletados para cada processo.

Tabela 1: Tempo médio de processamento para cada operação.

Processo	Tempo (min/kg)
Abertura (batedor)	6,72
Carda	0,56
Passador de 1º passagem	4,10
Passador de 2º passagem	3,06
Maçaroqueira	1,62
Filatório	0,11
Conicaleira	1,13
Autoclave	10,89
Embalagem	5,55

A entrada de matéria-prima ocorre a cada 24 horas, ou seja, todos os dias entram 25000 kg de algodão dos quais 10000 kg são destinados ao filatórios (objeto deste estudo). A outra parte da matéria-prima destina-se ao processo *Open-End*. Os tempos do operador não foram considerados, pois sua intervenção na entrada de matéria-prima é mínima. Desta forma, as perdas relacionadas à operação inadequada foram mapeadas por meio das paradas ocorridas em cada um dos processos. Foram coletadas paradas diárias referentes ao mês de julho, sendo considerados os motivos que apresentavam mais de cinco paradas.

No batedor foram consideradas as paradas por espera e programação da produção. No setor de cardas e passadeira as falhas foram agregadas, constituindo assim um único fato denominado parada técnica. Na maçaroqueira foram consideradas as falhas de espera e programação da produção. Para os filatórios foram consideradas as falhas mecânicas, de operações, troca de viajante e manutenção autônoma. Na conicaleira a falha considerada foi relacionada limpeza. Para a etapa de embalagem, onde há uma maior intervenção do operador foram considerados os turnos, o número de operadores por turno e as perdas relacionadas ao período de troca de turno.

A Tabela 2 sumariza a distribuição de falhas obtidas para o período de *down time* de cada parada por setor. Estas distribuições foram obtidas utilizando a ferramenta *Input Analyzer*. É um componente do Arena que permite determinar as funções de distribuição de probabilidade dos dados (Freitas Filho, 2008). É possível observar que há uma variação considerável nos tempos para a programação da produção do batedor e nos tempos de espera da passadeira.

Tabela 2: Distribuição obtida para as falhas.

Operação	Falha	Distribuição
Batedor	Limpeza	$-0.001 + 1.43e+003 * \text{BETA}(0.0366, 0.397)$
	Programação da Produção	$\text{NORM}(586, 425)$
	Espera	$\text{TRIA}(-0.001, 1.12e+003, 3.74e+003)$
Carda	Agregada	$1.88e+004 + 1.53e+004 * \text{BETA}(0.948, 1.73)$
	Agregada	$\text{TRIA}(502, 618, 888)$
Passadeira	Espera	$\text{TRIA}(1.02e+003, 1.59e+003, 3.17e+003)$
	Programação da Produção	$\text{TRIA}(685, 1.09e+003, 5.96e+003)$
Maçaroqueira	Troca de viajante	$\text{EXPO}(44.6)$
	Mecânica	$\text{WEIB}(13.7, 0.258)$
	Operações	$\text{WEIB}(13.6, 0.2)$
Filatório	Manutenção	$\text{EXPO}(14.4)$
	Limpeza	$\text{EXPO}(76.3)$
	Manutenção	$\text{NORM}(3e+003, 1.5e+003)$

O modelo de simulação é representado na Figura 2. Para a modelagem foram utilizados os seguintes blocos do Arena: *Create*, *Assign*, *Process*, *Batch*, *Record*, *Failure*, *Statistics* e *Failure*. O Arena é um software para simulação de eventos discretos que possui recursos para modelagem, animação, análise estatística e análise dos resultados. Para a execução da simulação, o Arena utiliza a abordagem por processos (Law e Kelton, 1991).

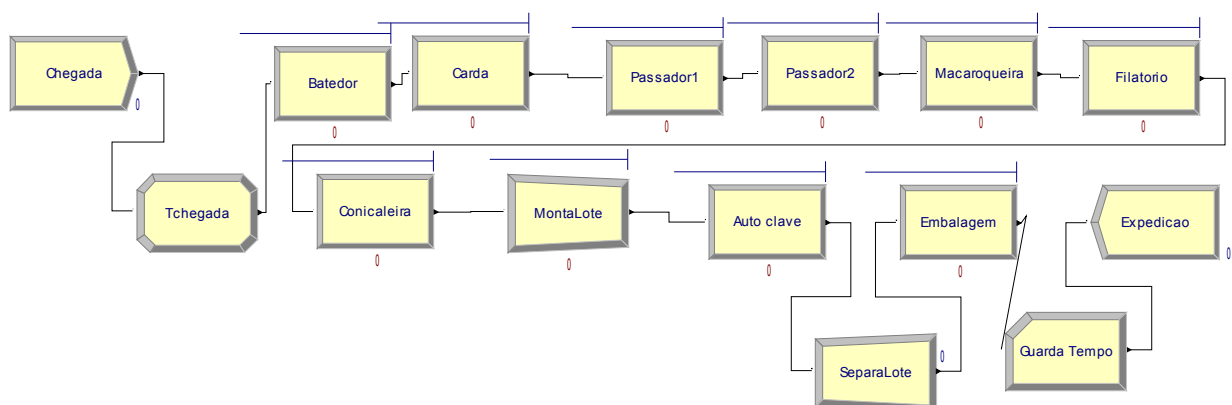


Figura 2: Modelo de simulação.

O modelo de simulação inicia-se com um bloco *Create*, que modela a taxa de chegada de matéria-prima na indústria, sendo esta representada por uma distribuição constante em que o tempo entre chegadas é de 24 horas e o número de unidades por chegada é de 10000 kg. Após a

chegada, foi utilizado um bloco *Assign*, contendo uma variável que armazena o tempo em que a matéria-prima entrou no processo. Em seguida, tem-se o fluxo normal do processo.

O batedor (sala de abertura) foi modelado com uma taxa constante de produção de 0.002478 horas/kg, conforme a Tabela 1, sendo o recurso alocado denominado mbatedor o qual dispõe de sete máquinas. Para esta operação foram inseridas as falhas relacionadas à espera, limpeza e programação da produção, com distribuições Beta, Normal e Triangular, respectivamente, conforme a Tabela 2.

A taxa de produção para a carda foi modelada como constante e sendo de 0.029735 horas/kg e a quantidade disponível é de 42 máquinas. As falhas deste setor foram agregadas, pois o baixo número de falhas individuais não justificava uma análise por tipo de falha. As falhas agregadas foram modeladas por uma distribuição Beta, conforme a Tabela 2.

O setor de passadeiras foi dividido em passador de primeira e de segunda passagem. A taxa de produção para o primeiro é de 0.004061 e para o segundo é de 0.005446, sendo os dois constantes. Para as passadeiras há a disponibilidade de nove máquinas em cada passagem. As falhas relacionadas às passadeiras, também, foram agregadas. Estes dados são representados por uma distribuição triangular, conforme Tabela 2.

A maçarqueira foi modelada com uma taxa de produção constante de 0.010274 horas/kg, que dispõe de dez recursos. As falhas encontradas para este setor estão relacionadas à espera e programação da produção, sendo que a espera e a programação da produção foram modeladas por uma distribuição triangular, conforme Tabela 2.

A taxa de produção do filatório é de 0.140174 horas/kg, sendo modelada como constante. A disponibilidade de recursos é de 47, os quais estão sujeitos à parada pelos seguintes motivos: falha mecânica, operações, troca de viajante e manutenção. Os dados obtidos para o fator falha mecânica foram modelados por uma distribuição weibull, o fator operações por uma distribuição weibull e a troca de viajante e manutenção por uma distribuição exponencial, conforme Tabela 2.

Após passar pelo filatório o fio segue para a conicaleira, que foi modelada com uma taxa de produção de 0.014713 horas/kg e dispõe de 10 máquinas (recursos). Esta operação está sujeita às paradas por limpeza e manutenção, que foram modeladas por distribuição exponencial e normal, respectivamente. Em seguida, os fios vão para a autoclave que tem uma capacidade de 1400 kg. Para tanto, foi utilizado um bloco *batch* antes do processo autoclave para formar os lotes a serem processados pela autoclave.

Por fim, tem-se a etapa de embalagem que foi modelada com uma distribuição constante de 0.00300 horas/kg. A indústria trabalha com quatro turnos de seis horas e em cada turno estão disponíveis três colaboradores para realizar esta função. Desta forma, a capacidade do processo de embalagem é representada por um bloco *schedule* que representa a escala dos funcionários. Durante os períodos de troca de turno foi considerado um *delay* de 15 minutos, de forma que neste período não há funcionários disponíveis.

5. Resultados

A simulação foi executada com dez replicações de 144 horas cada com período de aquecimento de 20 horas. Durante o período de aquecimento que ocorre no início da simulação, não são coletadas estatísticas da simulação. Isso é necessário para descartar o transiente inicial, durante o qual o processo não atinge seu regime estacionário. Foi elaborado um modelo para a autoclave de 350 kg e outro para a autoclave com capacidade máxima de 1400 kg,

Para a simulação com a capacidade de autoclave de 350 kg foram obtidos os seguintes resultados: saída de 8424 kg, entrada de 60000kg, *Work in Process* (WIP) de 32515 kg e tempo de espera médio de 64,16 horas. O WIP representa a carga do processo, isto é, o quanto de algodão é observado no processo todo em média.

A **Tabela 3** destaca o tempo médio de fila em cada um dos processos. A maior espera ocorre no processo conicaleira, seguido da autoclave.

Tabela 3: Tempo de Fila (Autoclave 350kg).

Processo	Tempo de fila (horas)
Autoclave	36.520
Batedor	14.607
Conicaleira	27.162
Embalagem	0.173
Filatorio	16.299
MontaLote	4.239

No entanto, a quantidade de material esperando para ser processado foi maior na carda. Sendo, que para a maçarqueira, passador1 e passador2, não houve formação de fila e consequentemente espera para ser atendido, como pode ser visualizado na Tabela 4.

Tabela 4: Fio na fila (Autoclave 350kg).

Processo	Quantidade (kg)
Auto clave.Queue	6.0082
Batedor.Queue	8474.44
Carda.Queue	20556.98
Conicaleira.Queue	732.29
Embalagem.Queue	11.7534
Filatorio.Queue	130.54
Maçarqueira.Queue	0.0
MontaLote.Queue	231.93
Passador1.Queue	0.00
Passador2.Queue	0.00

No que refere a utilização dos recursos, observa-se que a autoclave foi a mais utilizada ao longo da simulação. Destaca-se que o tempo médio de passagem foi de 68.37 horas e a autoclave é o recurso gargalo do processo.

Para a autoclave com capacidade de 1400kg e considerando as falhas que podem incidir sobre o processo foram obtidas as seguintes informações: saída de 5604 kg, entrada de 60000kg, WIP médio de 30930 kg e tempo médio de espera de 53,39 horas. Em relação aos tempos de fila, nota-se que o maior tempo ocorre na conicaleira. E há um tempo maior de espera para montar o lote, em relação a autoclave de 350 kg. Destaca-se que a quantidade de fio na fila da autoclave é bem menor, em função do tamanho do lote montado. Além disto, devido ao maior volume que sai da autoclave, a quantidade de fio aguardando para ser embalado é maior. As Tabelas 5 e 6 apresentam tais informações.

Tabela 5: Tempo de fila.

Processo	Tempo (horas)
Auto clave	0.646
Batedor	31.648
Conicaleira	35.304
Embalagem	0.719
Filatorio	16.299
MontaLote	15.739

Tabela 6: Fio na fila.

Processo	Quantidade (Kg)
Auto clave	0.01564661

Batedor	13202.61
Carda	15828.76
Conicaleira	951.79
Embalagem	32.4708
Filatorio	130.54
Maçaroqueira	0.00
MontaLote	611.72
Passador1	0.00
Passador2	0.00

Com capacidade de 350 kg a autoclave é o gargalo do sistema. Ao aumentar a capacidade para 1400 kg o gargalo da linha de fiação de algodão passa a ser a conicaleira. Destaca-se que o tempo médio de passagem foi de 57,60 horas, o que demonstra que houve uma redução de 15,75% de atravessamento ao longo do processo.

Simulando um novo cenário com a autoclave de 1400 kg e desconsiderando as falhas do processo foram obtidos os seguintes dados: saída de 42030 kg, entrada de 60000 kg, WIP médio de 13883 e tempo médio de espera de 29,48 horas. Desta forma, nota-se uma redução no tempo de espera em todos os postos de trabalho, além da redução no número de fios em fila. Destaca-se que o gargalo do processo é o setor de filatórios, com um tempo médio de fila de 22,95 horas e em média com 9447 kg de fio em espera, conforme pode ser visto nas Tabela 7 e Tabela 8. **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 7: Tempo de espera.

Processo	Tempo (horas)
Auto clave	0.00
Batedor	1.768
Carda	1.762
Conicaleira	0.008
Embalagem	0.735
Filatorio	22.958
Maçaroqueira	1.597
MontaLote	2.086
Passador1	0.001
Passador2	0.002

Tabela 8: Fio na fila.

Processo	Quantidade (Kg)
Auto clave	0.00
Batedor	713.21
Carda	710.67
Conicaleira	2.7859
Embalagem	248.97
Filatorio	9447.85
Maçaroqueira	644.07
MontaLote	698.14
Passador1	0.7932
Passador2	0.9766

No que refere a utilização dos recursos, observa-se que o filatório foi o mais utilizado, seguido da autoclave. Destaca-se que o tempo médio de passagem foi de 33,69 horas.

A Tabela 9 sumariza os dados obtidos para os três cenários analisados: autoclave com capacidade de 350 kg, autoclave com capacidade de 1400 kg e autoclave com capacidade de 1400 kg e sem falhas.

Tabela 9. Análise comparativa

	Autoclave 350 kg	Autoclave 1400 kg	Autoclave 1400 (sem falhas)
Entrada (kg)	60010.00	60003.00	60030.00
Tempo médio de espera (horas)	64.16	53.39	29.48
Tempo médio de passagem (horas)	68.37	57.60	33.69
Saída (kg)	8424.00	5604.00	42030.00

A partir destes dados pode-se observar que com a autoclave de menor capacidade a produção é maior devido ao fato de que ela continua em ciclo mesmo com uma parte do sistema em falha. Isso acontece devido a sua baixa capacidade, evidenciada pelo tamanho da fila e pelos tempos de espera. Nesta configuração, a autoclave é o gargalo do sistema, e como não está sujeita a falhas ela continua operando mesmo que os demais processos estejam paralisados por uma falha. Já com a autoclave de capacidade 1400 kg, os lotes a serem transferidos são maiores, desta forma uma falha nas etapas anteriores acaba refletindo na paralisação do sistema como um todo.

Ao executar a simulação considerando a autoclave de 1400 kg sem as falhas nota-se que o tempo médio de passagem reduz cerca de 45%, o que destaca a necessidade de atuar nessas falhas para melhorar a eficiência do processo. Em relação à quantidade processada observa-se que o sistema livre de falhas apresenta uma produção 7,5 vezes maior. É importante ressaltar que a autoclave de 1400kg acaba sendo subutilizada quando considerada apenas a linha convencional.

6. Conclusões

O modelo de simulação elaborado é representativo e pode ser utilizado para analisar detalhadamente o processo produtivo e identificar os pontos passíveis de melhoria. O modelo pode ser utilizado para visualizar as falhas que devem ser priorizadas, bem como os ganhos que podem ser obtidos por meio da atuação nessas falhas. Com os resultados alcançados pode-se observar que a substituição da autoclave, aumentando a sua capacidade, sem atuar sobre as falhas do processo não representa ganhos em termos do volume processado, ou seja, considerando apenas a linha convencional a capacidade da autoclave fica subutilizada. Desta forma, tem-se que um investimento numa autoclave de maior capacidade, sem atuação simultânea para redução das falhas, irá reduzir a produção.

No entanto, conhecendo o problema real e as demandas da linha *Open-End* verifica-se que esta expansão de capacidade é benéfica para o processo de fiação e pode melhorar os resultados do processo, uma vez que a autoclave é um recurso que pode ser compartilhado pelas duas linhas de produção. No processo de fiação a autoclave exerce uma função fundamental, pois permite fixar a torção e adicionar água ao fio, características estas que permitem garantir os padrões de qualidade.

Como trabalhos futuros, destaca-se a incorporação da linha de *Open-End*, bem como a inserção dos demais produtos do *mix* para tornar o modelo mais próximo da realidade e possibilitar a extração de informações mais detalhadas.

Referências

- Banks, J., Carson, J.S., Nelson, B.L. E Nicol, D.M.,** *Discrete-event system simulation*, 2^a Edição, New Jersey: Prentice Hall, 2005.
- Freitas Filho, P. J.** Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações Arena. Ed. Visual Books, 2008.
- Galo, N.; Leal, G. C. L.** (2011) Uso de Ferramentas de Qualidade para Identificação e Análise de Problemas em uma Fiação de Algodão. Anais do XVIII Simpósio de Engenharia de Produção.
- Law, A.M.; Kelton, W. D.** *Simulation modeling and analysis*. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1991.
- Lezeck, H.; Nunes, F. R. M.** (2002) Análise de Valor: Um Instrumento para Adequação da Qualidade e Redução de Custos na Indústria Têxtil. Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Curitiba, PR.
- Maiellaro, J. R.; Calarge, F. A.** (2005) Avaliação do uso de metodologias e ferramentas da Qualidade em Empresas do Setor Têxtil. Anais do XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Porto Alegre, RS.
- Montevecchi, J. A. B., Pinho, A. F. de, Leal, F. e Marins, F. A. S.** (2007), Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry, *In: Proceedings of the Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA*.
- O’Kane, J. F.; Spenceley, J. R.; Taylor, R.** (2000) *Simulation as an essential tool for advanced manufacturing technology problems*. Journal of Materials Processing Technology v.107. p.412-424.
- Souza, F. A.** Gestão de Estoques em Indústria de Fios Têxteis. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa.