

# USO DE *SOFTWARE* DE SIMULAÇÃO PARA A IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS CENÁRIOS E O AUXÍLIO NA TOMADA DE DECISÃO: estudo de caso

André Nogueira Custódio<sup>1</sup>  
Gustavo Ferreira Rabêlo Garcia<sup>2</sup>

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar possíveis cenários indicados com a ajuda do *software* de simulação Arena, que mostram virtualmente se as alterações em pontos específicos do processo vão causar realmente aumento na produtividade em todo o processo produtivo e não gerar outro tipo de restrição que impeça um fluxo normal de outra etapa do processo. Possíveis causas de gargalo e prováveis alterações para que haja uma melhor produtividade em um produto específico onde a demanda é maior que a oferta e para suprir essa demanda, faz-se necessário o uso de horas-extra aumentando assim os custos de mão-de-obra, tornando alto custo da produção e, diminuindo assim, a competitividade em novos projetos.

Palavras-chave: Teoria das filas. Simulação. Motivação.

## 1 INTRODUÇÃO

Este estudo de caso vai abordar aplicações da teoria das filas desde a obtenção dos dados, feita através de cronoanálise, obtenção de uma base estatística confiável, interpretação dos dados e a simulação em *software* dedicados a esse tipo de problema.

Através de banco de dados eficaz, boas práticas estatísticas, uma análise criteriosa e refinada das informações obtidas pode-se simular a produção ou, neste caso, um processo.

A simulação reduz o desperdício de insumos, mão-de-obra e tempo gastos, pois é feito antes mesmo do início da produção, ocasionando assim um melhor desempenho, agilidade e menor tempo de preparação.

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário do Sul de Minas. Email: [starfoca@yahoo.com.br](mailto:starfoca@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Professor do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário do Sul de Minas. Email: [gustavo.garcia@unis.edu.br](mailto:gustavo.garcia@unis.edu.br)

A viabilidade da adoção de um simulador de produção no setor de serralheria para melhoramento de produtividade através do estudo de possíveis cenários e conseqüentemente redução de gargalos e elaborar propostas de alteração para que isso ocorra.

Com o auxílio do *software* de simulação ARENA é possível uma análise de qual é a maneira mais eficaz de se realizar um processo chave e com isso maximizar o trabalho visando se reduzir o gargalo na área de soldagem e, conseqüentemente das áreas posteriores como pintura e expedição.

Apontar possíveis alterações para que se possa reduzir o tempo de produção e maximizar a produtividade. Este por sua vez, causa a necessidade de horas-extras em um ponto específico e obrigando as atividades a frente dele diretamente ligados também tenham que trabalhar para acompanhar a demanda de produção.

Usar um *software* de simulação é mais rápido e viável para a análise de possíveis cenários em uma produção. É mais rápido pois se testa as possibilidades antes de iniciar, alterar as configurações ou a compra de uma máquina cara. Fazer os testes no *software* elimina as horas gastas com as mudanças, esforços e possíveis falhas das mudanças propostas.

Nesta pesquisa, considera-se a possibilidade de alteração para que consiga melhorar a produtividade de um setor específico que impacta diretamente na quase obrigatoriedade de horas-extras de 2 setores, serralheria e pintura. A pintura está além do foco dessa pesquisa.

## **2 SIMULAÇÃO**

A simulação faz parte da Pesquisa Operacional que, segundo Marins (2011), proporciona a diferentes áreas um elemento de modelagem e algoritmos que propiciam aos gestores tomar decisões em problemas complexos e pontuais, onde se deve aplicar uma ótica sistêmica e detalhista. Nas tomadas de decisão, o gestor precisa ter conhecimento de todas as possibilidades. Para uma melhor interpretação do problema é necessário observar alguns pontos:

- a) Identificar o problema: como se quer aplicar uma mudança para uma futura melhoria se não se sabe por onde começar. Fundamental que exista uma equipe multidisciplinar na identificação dessa restrição;
- b) Formular objetivos: mensurar os resultados atingidos quanto a solução do problema;
- c) Analisar limitações: quais pontos podem ocorrer limitações correspondentes a variáveis tais como prazo, orçamento e gastos;
- d) Avaliar alternativas: analisar qual é a solução mais indicada para cada situação.

Já para Banks (2000) envolve a criação de uma ideia da realidade e, com base nesta realidade artificial, são realizadas interferências nas características no processo real existente. Já para Harrel, Ghosh e Bowden (2000) é a utilização de modelos computacionais próprios para a avaliação melhoria do desempenho. A simulação é a importação da realidade para um ambiente controlado onde se pode estudar o comportamento do mesmo, sob diversos pontos e condições, sem riscos físicos e/ou grandes custos envolvidos. Prado (1999 p.93), ” [...] simular significa compreender as características de um sistema através de outro sistema similar. Simulação é a técnica para se chegar à solução de um problema através da análise de um modelo que apresenta características similares ao real fazendo-se uso da computação digital” e tudo que pode ser descrito pode ser simulado.

Andrade (2009) cita algumas vantagens de se utilizar a simulação. Tais como a previsão de resultados na execução de uma determinada ação, estudar algumas variações no meio ambiente e verificar seus efeitos em todo o sistema, redução de riscos na tomada de decisão, identificação de problemas antes mesmo de sua ocorrência, eliminação de procedimentos em arranjos industriais que não agregam valor à produção e a redução de custos com o emprego de recursos (mão-de-obra, energia, estrutura física, etc.).

Além de analisar o sistema real, virtualmente, sem a necessidade de interferir nas atividades se utiliza em sistemas existentes em fase de aperfeiçoamento baseado em outros sistemas já existentes.

A simulação, apesar de apresentar bons resultados, pode-se consumir muito tempo e pode não garantir resultados satisfatórios como afirma Prado (2008):

- a) Requer conhecimento técnico na elaboração e análise da simulação;
- b) Tempo de elaboração da simulação pode ser excessivamente longo;
- c) Análise errada dos resultados poder ser de efeito desastrosos;
- d) Resultados podem ser de difícil implementação.

A forma de utilização da simulação está intimamente ligada a *softwares* dedicados à esse tipo de aplicação. Os *softwares* mais usados no mundo atualmente pode-se citar o ARENA, AUTOMOD, FlexSim, TAYLOR, etc.

Neste trabalho será utilizado o ARENA.

## **2.1 Arena**

O ARENA é um *software* de simulação de origem alemã. É composto segundo Prado(1999) por módulos onde são alocados os valores, operações, objetos, etc. onde será realizado algum serviço de transformação.

Para facilitar o entendimento, o método de construção do modelo de simulação é em forma de fluxograma. Os sistemas são reduzidos a estações de trabalho que prestam serviços a cliente, o ARENA simula o modelo construído de um conjunto de processos que fornecem algum tipo de trabalho ao cliente. Ele pode ser utilizado em vários tipos de simulação, não apenas em processos de produção mas também em atendimentos hospitalares, logísticos dentre outros.

A partir das simulações e repetições, o ARENA gera relatórios com taxa de atendimento, atendimento, tempo médio e máximo de permanência na fila entre outros.

### **3 TEORIA DAS FILAS**

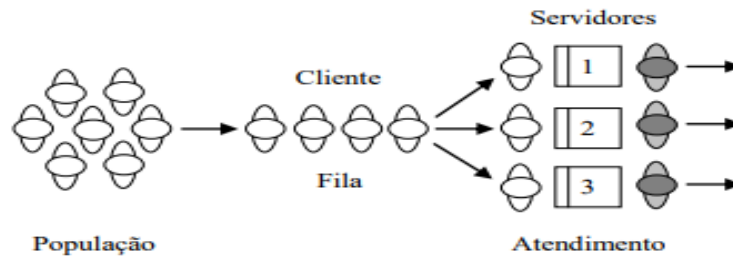
Para Andrade (2009) o tempo gasto nessa espera gera prejuízo mais manter o sistema sempre vazio acaba sendo economicamente viável pelo seu alto custo. A teoria das filas busca estabelecer um tempo aceitável de atendimento onde o atendente não fique sobrecarregado e nem o cliente espere demasiadamente na fila, ela busca o equilíbrio entre chegada de clientes (PRADO, 2006).

As formações de sistemas ocorrem quando a procura por determinado serviço é superior a capacidade do sistema em atender esta procura. Desta forma, a Teoria das Filas por meio de fórmulas matemáticas tenta encontrar um ponto de equilíbrio que satisfaça o cliente e que seja economicamente viável para o prestador do serviço.

#### **3.1 Custos da fila**

Para maior agilidade em um processo, seja este em um produto ou serviço, deve-se levar em conta o tempo de espera entre processos/atendimentos que cada colaborador efetua (Prado, 1999). Tais processos podem ter algum tipo de desbalanceamento, tanto sobre sua chegada, atendimento ou parada inesperada.

Figura 1. Exemplo de fila



Fonte: Prado (2006).

O desbalanceamento entre chegadas e atendimento pode acarretar alguns gastos indesejados, tais como:

- a) Custo de espera gera problemas com capital parado, tanto em produto em processo quanto a falta do mesmo. Insatisfação do cliente correndo a chance de perder o cliente e período improdutivo dos colaboradores, gerando assim ociosidade. Neste caso específico, o custo de espera é onde está gerando gargalo, os colaboradores que trabalham depois do processo de soldagem ficam boa parte do dia ociosos pois dependem pra produção das partes pré-montadas para dar prosseguimento no processo de produção dos produtos.
- b) Custo de Servidor aumentam pois a ociosidade do colaborador tem o mesmo custo do trabalho, energia e insumos podem ser gastos de maneira desnecessária. Como é necessário que o colaborador esteja dedicado ao trabalho para a entrega em tempo hábil, executar outras atividades durante o tempo ocioso, se este tempo ocioso não seja suficiente para executar outra atividade, talvez não seja a melhor opção pois não acaba nem fazendo uma atividade nem a outra.

## 4 ESTUDO DOS TEMPOS

Para Slack (1997) o estudo dos tempos é fundamental para se determinar o ritmo do trabalho de uma tarefa específica em condições normais de trabalho. O estudo dos movimentos também é definido por Barnes (1977) como uma análise científica de métodos de trabalho todos os envolvidos desde matéria-prima até os movimentos das mãos e do corpo.

### 8.1 Cronoanálise

A cronoanálise para Miranda (2009) é o estudo dos métodos, materiais, ferramentas e instalações utilizadas para a execução de um trabalho com a finalidade de desenvolver uma melhor forma de se maximizar o trabalho e padronizar métodos. Ela determina, de forma exata e confiável, o tempo necessário para um funcionário realizar um trabalho em ritmo normal.

Barnes (1977) descreve os passos para realização eficiente da cronoanálise:

- a) Obter e registrar as informações sobre a operação e o operador em estudo;
- b) Dividir a operação em elementos;
- c) Observar e registrar o tempo gasto pelo operador;
- d) Determinar o número de ciclos a serem cronometrados;
- e) Avaliar o ritmo do operador;
- f) Determinar as tolerâncias;
- g) Determinar o tempo padrão para cada operação.

## **5 FLUXOGRAMA**

Fluxograma, segundo Slack (1997) é a técnica de mapeamento que permite o registro de ações de algum tipo e pontos de tomada de decisão que ocorrem no fluxo real, necessária para um bom entendimento dos processos e facilita a identificação de cada etapa do processo com suas respectivas atividades. Um fluxograma bem feito trata de todo o fluxo de informação, etapas produtivas, sequências a serem seguidas e ações a serem tomadas durante a produção/serviço.

## **6 ANÁLISE DE CENÁRIOS**

A descrição de um futuro possível, imaginável ou desejável para um sistema e seu contexto, e do caminho ou trajetória que o conecta com a situação inicial deste sistema e contexto. Consiste na configuração de imagens de futuros, cena por cena. Godet (1993) os conceitua como jogos coerentes de hipóteses. Ou em termos mais detalhados, como o conjunto formado pela descrição de uma situação de origem e dos acontecimentos que conduzem à situação futura, sendo que esse conjunto de acontecimentos e situações deve apresentar certa coerência (CASSOL, 2008).

Com o Arena, simula-se diversas hipóteses e várias probabilidades de mudança. Com essa grande possibilidade e diversas variáveis é de suma importância a compreensão de aspectos

cognitivos para a melhor escolha da provável alteração e a que melhor condiz como o resultado esperado.

Tal decisão, segundo Andrade (2009) deve-se levar em consideração os seguintes aspectos:

- a) O processo de decisão é sequencial;
- b) É um processo complexo;
- c) É um processo que envolve variáveis subjetivas;
- d) Desenvolvido dentro de um ambiente com regras definidas.

Os cenários são particularmente úteis no desenvolvimento de estratégias em momentos extremos de instabilidade econômica mundial segundo Kleiner (2003). Cenários permitem que os estrategistas possam tomar decisões em situações de falsas certezas ou quando a situação se torna confusa. Para que a decisão baseada no melhor cenário é necessário se levar em conta a filosofia da empresa e a viabilidade do custo/benefício.

## **7 ESTUDO DE CASO**

A empresa na qual foi realizado esse estudo de caso é uma empresa familiar que nos últimos anos cresceu de forma exponencial, atuando no ramo da construção civil, especializada em cercamento de grandes áreas internas e externas. Ela conta com própria produção de telas, gradis, corrimão, guardas-corpo e portões sob encomenda atuando na venda, planejamento, produção, transporte, instalação e trabalhando principalmente com grandes empreiteiras nacionais.

O grande diferencial desta empresa é o curto espaço de tempo que eles entregam suas encomendas. Como a execução do projeto dentro do prazo de entrega é uma coisa extremamente importante para o cliente e mais que obrigação do produtor, junto com um contrato que estipula multa por atraso, a empresa onde se fez o estudo de caso, além da qualidade que se deve esperar, seu principal diferencial é o prazo de entrega extremamente curto para os padrões atuais de produção de produtos específicos e sob encomenda.

Neste estudo de caso aborda especificamente o setor de serralheria onde são produzidos: corrimão, guardas-corpo e portões.

### **7.1 Descrição do Processo Produtivo**

No primeiro dia útil da semana, acontece uma reunião estando presentes o dono, gerente, encarregado de produção e responsáveis pelo controle de qualidade com as orientações para o trabalho durante a semana. Nesta reunião são definidas as prioridades, planejamento e controle da produção informa quais obras e quais produtos serão produzidos e em qual ordem serão executadas. Após isto, é emitida uma ordem de serviço com a descrição das atividades de cada dia da semana. Esta ordem é desmembrada em ordens diárias de produção, posteriormente é repassada diariamente ao encarregado da produção. Este por sua vez fica com uma cópia e repassando outra cópia para o responsável pela execução e sua equipe.

Por causa de outras obras em andamento e descuido na programação e controle da produção, o começo da produzir os guardas-corpo com uma semana de atraso comprometendo o prazo de entrega. Eram necessários se fazer 2.712 metros de guardas-corpo divididas em partes pré-montadas e encaixáveis de 3 metros cada. Essas peças de 3 metros são pré-montadas e ponteadas pelo serralheiro responsável. Estas peças já devidamente ponteadas são levadas para um supermercado onde o soldador e ajudante as retiram e colocam sobre o cavalete para serem soldadas e depois receber acabamento superficial. Este acabamento é feito em soldas com excesso de preenchimento e eventuais respingos de solda.

Para facilitar o trabalho, manuseio e transporte, estes guardas-corpo são produzidos em partes pré-montáveis de 3 metros cada. Variação de tamanho nas peças pré-montadas podem acontecer por motivo de adequação e necessidade da planta.

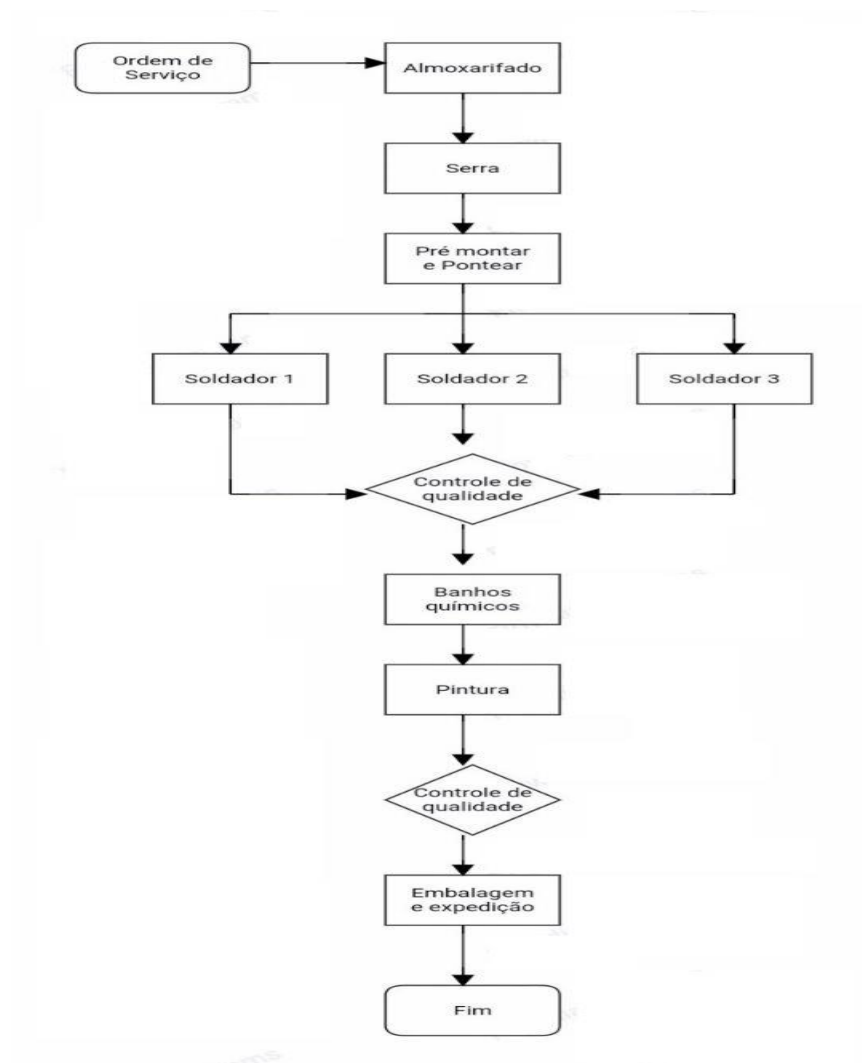
O envio das peças é feito 3 vezes por semana, geralmente terça, quarta e sábado, para não dificultar e acumular o trabalho de pedreiros e serventes responsáveis pela instalação na obra. O prazo para entrega da obra instalada é de 6 semanas à partir do início da produção.

Nos processos estão diretamente envolvidos 1 auxiliar de produção responsável por cortar os tubos de 1" e 2.5" dos tamanhos estabelecidos pelo desenho técnico, 1 serralheiro que pré-monta e ponteia as partes em um gabarito, 3 soldadores e 3 ajudantes responsáveis por soldar e dar acabamento, e esses, com experiências e tempos de trabalhos diferentes, 3 auxiliares de produção que limpam as peças e fazem banho químico, 2 pintores, 1 almoxarife e 1 conferente responsáveis por embalar e carregam as peças nos caminhões. Ao todo são 15 funcionários envolvidos nessa etapa de produção. Infelizmente a capacidade de produção é menor que a demanda necessária. Para suprir isso, os 3 soldadores e seus ajudantes não conseguem soldar e dar acabamento nos 450 metros que seriam necessários durante a semana de trabalho. Para que possam produzir o necessário, eles trabalham 2 horas como horas-extra diariamente e mais 4 horas aos sábados. Como as peças precisam receber pintura eletrostática,



os 5 colaboradores do setor de pintura e os responsáveis pela expedição também precisam fazer horas-extra para deixarem todas as peças prontas para o envio.

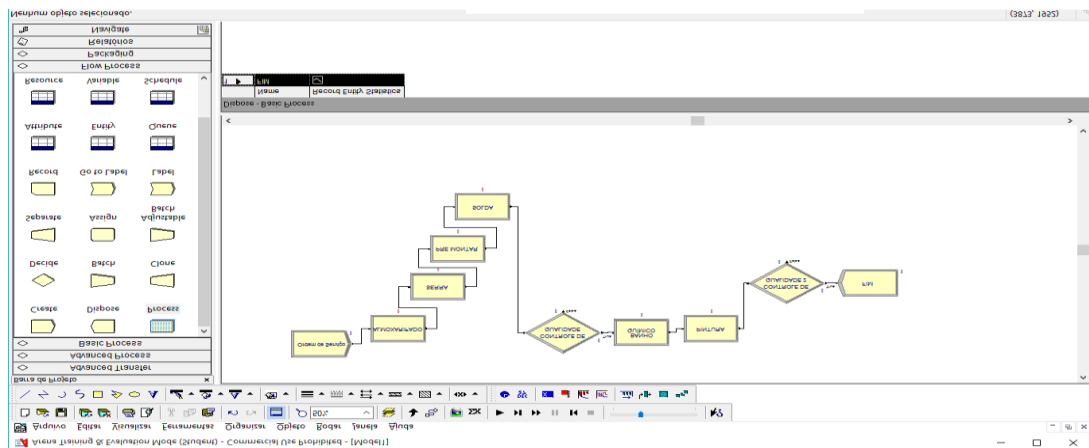
Figura 1: fluxograma do processo



Fonte: autor (2017)

Os recursos para a elaboração dos processos no Arena são bem parecidos com os recursos de um fluxograma, facilitando assim, a modelagem dos processos produtivos.

Figura 2: exemplo de área de trabalho do Arena



Fonte: autor (2017)

O gargalo do processo se encontra na solda e acabamento onde se gasta mais tempo. Os tempos de cada colaborador e seu ajudante envolvidos são os seguintes:

Figura 3: tempo de cada um dos soldadores em minutos

**Soldador 1**

58	50	49	51	48	45	48	45	47	50
56	51	48	60	45	44	43	45	50	48
59	50	50	50	58	48	42	42	49	51

**Soldador 2**

62	58	47	49	50	44	44	49	50	51
61	58	49	48	50	44	45	49	49	50
60	58	49	50	51	47	42			

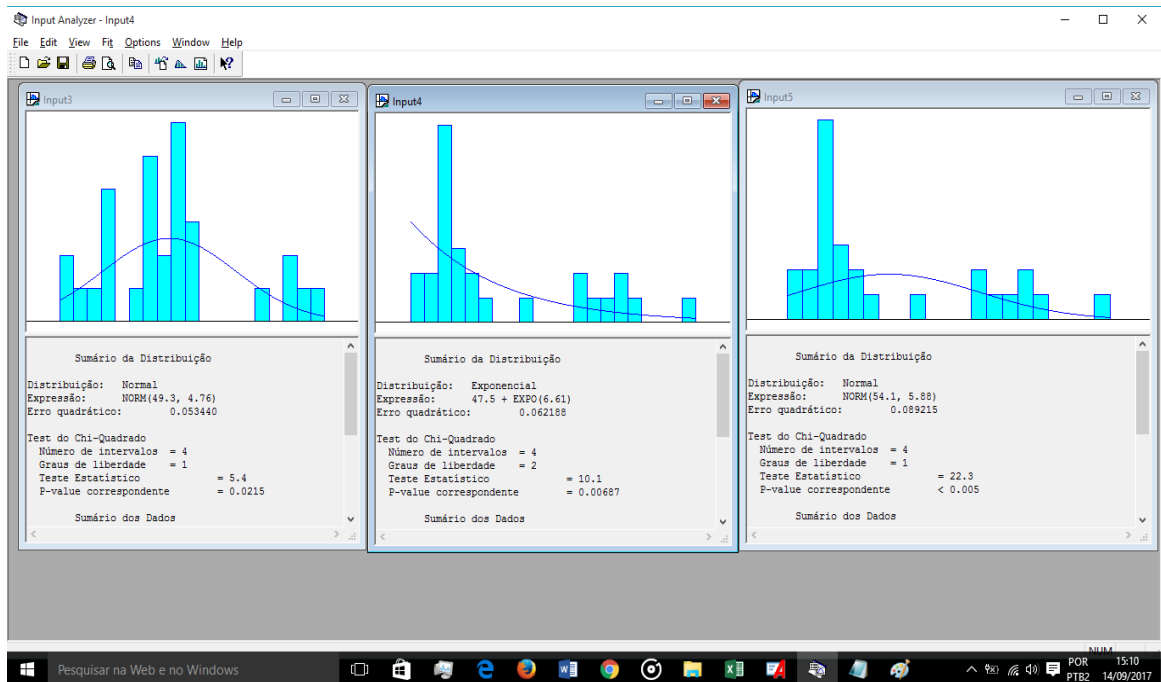
**Soldador 3**

63	50	50	56	62	50	50	51	52	61
68	50	50	51	64	50	50	51	53	60

Fonte: autor (2017)

A média de tempo na produção das partes pré-montadas é de 51,04 minutos com uma produção média de 84 metros por dia de trabalho, mostrando a necessidade de se produzir os 12 metros restantes para que a produção do dia cumpra as necessidades de entrega.

Figura 3: exemplo dos modelos de distribuição dos soldadores



Fonte: autor (2017)

Para a obtenção do modelo foram feitos testes de forma empírica, foram usados os dados obtidos através da cronoanálise, lembrando que as tomadas dos tempos foram feitas do momento em que o soldador com o auxílio do ajudante colocavam a peça a ser soldada no cavalete até o momento que esta era passada para o ajudante dar acabamento. Foram esses dados usados para a alimentar o Arena.

## 8 CENÁRIOS

Antes de mais nada, é preciso lembrar que o *start* desse projeto já começou com um atraso na produção de 5 dias.

Com a observação dos resultados podemos notar que a distribuição dos tempos é desigual, mostrando a falta de uma padronização dos processos de soldagem. Tendo em vista que quanto maior a experiência na área, mais eficiente e rápido é o colaborador consegue executar sua atividade.

Tendo em vista a dificuldade em automação e mecanização neste setor produtivo as habilidades manuais dos soldadores são fundamentais para uma boa produtividade e qualidade

no acabamento, pois quanto melhor for a solda, menor tempo gasto com acabamento dado pelo ajudante do soldador, reduz o uso de lixadeiras e discos de flap.

Nivelar o tempo de produção das peças para que tenha uma menor variação entre os colaboradores, aumentando assim a produtividade. Nivelar não apenas entre peças do mesmo soldador mas sim entre os soldadores para que possa ficar o mais linear possível tornando o trabalho o mais igual para que o trabalho seja executado igualmente pelos colaboradores.

Outro ponto a se notar é a grande diferença em que a prática de cada operador influencia diretamente na produtividade, um operador com mais experiência tem maior produtividade que outro com menor tempo de experiência. A peça tem um acabamento superficial melhor, menos respingos de solda mesmo usando produtos que evitam o respingo. Neste caso, o operador com maior experiência tem de média a produção de uma peça a cada 49,33 minutos com produtividade de 30 peças de 3 metros por dia e o com menor experiência tem tempo médio de 54,6 minutos/peça e produção de 20 peças de 3 metros por dia. O treinamento e melhoramento através da capacitação dos colaboradores se mostra uma possibilidade para o nivelamento.

Algo a se salientar é a ociosidade no processo causado por alguns motivos como: o coletivo de ferramentas e falta de controle visual de materiais de apoio causam paradas indesejadas pois os materiais de apoio que não foram requisitados ficam no almoxarifado, e este, fica à uma distância considerável do setor.

Vale mencionar que a falta de motivação é um ponto extremamente relevante no caso em questão, pois tem influenciado diretamente a produtividade neste projeto. Um fator não analisado anteriormente pode ter influenciado diretamente na produtividade entre os soldadores.

O não pagamento por parte da gerência de um bônus acordado verbalmente entre a gerência e os colaboradores. Esse bônus por produtividade prometido em um projeto anterior que também teve o mesmo problema deste estudo, atraso no início da produção na serralheria causada por estarem ainda produzindo para outra obra. Esse bônus seria pago se os produtos fossem entregues dentro do prazo estipulado pelo contrato, esse bônus gerou uma melhoria momentânea da produtividade e o cumprimento dos prazos estabelecidos pelo cliente. Esse não pagamento pode ter influência direta na ociosidade e diminuição da produtividade.

A contratação de mais soldadores se mostra ineficaz pois vai aumentar a produtividade no setor de serralheria só mudaria o gargalo para o setor de pintura.

## **9 CONCLUSÃO**

Com a análise dos possíveis cenários, pode-se indicar os caminhos possíveis que melhor se possa alcançar os objetivos e aumentar a produtividade. Os cenários mais indicados mostram que a capacitação, treinamento e a motivação dos colaboradores se faz sempre necessário para que mantenham sua produtividade constante com uma menor variação dos tempos de produção, garantindo assim, estabilidade nos processos, menor índice de desperdícios e uma maior competitividade.

Como a empresa é familiar e com o grande crescimento nos últimos anos, a gestão e planejamento estratégico não conseguiram acompanhar com a mesma velocidade o crescimento no faturamento, na quantidade de funcionários e a produtividade. A mudança de filosofia com foco na gestão faz-se necessário para que a alta direção consiga atender efetivamente a demanda, produtividade, entrega nos prazos, qualidade e bem estar dos colaboradores.

### ***USE OF SIMULATION SOFTWARE FOR THE IDENTIFICATION OF POSSIBLE SCENARIOS AND THE AID IN THE DECISION-MAKING: case study***

#### ***ABSTRACT***

*This academic work has for objective to analyze possible scenarios indicated with the help of the simulation software Arena that shows virtually if changes at specific points of the process will cause a really kind of increase in productivity in the entire production process and not generate another bottleneck in another step in the process. Possible causes of neck and likely changes to better productivity in a particular product where demand is greater than supply and to meet this demand, it is necessary the use of overtime thereby increasing the costs of labor, making the production of most expensive product and decreasing competitiveness in new projects.*

Keywords: *Row theory. Simulation. Motivation.*

#### **REFERÊNCIAS**

ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional**: modelos e métodos para análise de decisões. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

BANKS, J. **Introduction to Simulation. Proceedings of the Winter Simulation Conference**, Atlanta, USA, 2000.

BARNES, R. M. **Estudo de tempos e movimentos**: projeto e medida do trabalho. Tradução de Sergio Oliveira Assis, José S. Guedes Azevedo e Arnaldo Pallota. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

CASSOL, L. P. et al. Cenários Prospectivos para Telefonia Celular no Brasil: 2008-2016. **Gestão & Regionalidade**, São Paulo, v. 24, n. 72, set.-dez. 2008.

CHWIF, L. **Redução de modelos de simulação de eventos discretos na sua concepção: uma abordagem causal**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia Mecânica, 1999.

GODET, Michel. **Manual de Prospectiva Estratégica**: da Antecipação à Ação. Lisboa: Publicações D. Quixote, 1993.

HARREL, C. R.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. **Simulation Using Promodel**. São Paulo: McGraw-Hill, 2000.

KLEINER, A. Pierre Wack e a “matilha” de executivos. **HSM Management. Informação, conhecimento para gestão empresarial**, 2003. Disponível em: <<http://esejfloripa.com.br>> Acesso em: 13 set. 2014

MARINS, Fernando A. S. **Introdução a pesquisa operacional**. São Paulo: Cultura Acadêmica Editora, 2011.

MIRANDA, Douglas. **Cronoanálise e o Lean Manufacturing**. Artigonal diretório de artigos gratuitos. 2009. Disponível em: <<http://www.artigonal.com/ciencias-artigos/cronoanalise-e-o-lean-manufacturing-897751.html>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

PRADO, Darci Santos do. **Teoria da filas e da simulação**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999. (Série Pesquisa Operacional, vol. 2).

PRADO, Darci Santos do. **Teoria das Filas e da Simulação**. Nova Lima (MG): INDG, 2006.

PRADO, Darci Santos do. **Usando o Arena em Simulação**. Belo Horizonte: INDG, 2008.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. São Paulo, Atlas, 1997. Paulo: Atlas, 1997