

AVALIAÇÃO NO SETOR DE PINTURA DE MANCAIS

Guilherme Camargo Ribeiro Rodrigues – guilherme.rodrigues66@fatec.sp.gov.br

Izaque Lepre Teixeira Gomes – izaque19lepre@fatec.sp.gov.br

José Lucas Ferraz Figueira – jose.figueira01@fatec.sp.gov.br

Matheus Maximiano Ramos – matheus.ramos18@fatec.sp.gov.br

Paola Midori Antunes – paola.antunes01@fatec.sp.gov.br

Ricardo Alexandre de Souza – Ricardo.souza80@fatec.sp.gov.br

Fatec Luiz Marchesan– Matão – São Paulo – Brasil

RESUMO

O presente trabalho descreve a utilização da simulação computacional aplicada em uma linha de pintura de peças agrícolas. O processo de pintura ocorre em uma linha de produção contínua, com movimentação por meio de transportador aéreo. O processo é composto pelas etapas de lavagem, secagem da lavagem, pintura e secagem da pintura. O desafio consiste na análise desta linha em diferentes velocidades de operação através do uso da simulação computacional. Com os dados de produção obtidos por meio da simulação computacional, pode-se comparar com os valores atuais e de projeto de melhoria futura que serão feitas na linha de produção. O software de simulação empregado foi o Arena e os resultados obtidos pela simulação apresentaram um valor um pouco abaixo dos valores previstos em projeto.

Palavras-chave: Simulação. Melhoria de processos. Arena. Linha de pintura.

ABSTRACT

The present work describes the use of computer simulation applied to an agricultural parts painting line. The painting process takes place in a continuous production line, with movement using an overhead conveyor. The process consists of the steps of washing, washing drying, painting and painting drying. The challenge consists of analyzing this line at different operating speeds through the use of computer simulation. With the production data obtained through computer simulation, it can be compared with current values and future improvement projects that will be made on the production line. The simulation software used was Arena and the results obtained by the simulation presented a value slightly below the values predicted in the project.

Keywords: Simulation. Processes improvement. Arena. Painting line.

1. INTRODUÇÃO

O atual cenário econômico estimula as empresas a buscarem melhorias em seus processos e serviços e a redução de custos. Para isto, as organizações podem utilizar ferramentas gerenciais, que auxiliam na análise e na identificação de melhorias necessárias.

Nessa nova realidade das organizações, elas não se preocupam apenas em produzir, mas sim, em produzir ao menor custo possível e, ao mesmo tempo, melhorando seus processos e mantendo-se competitivas no mercado.

Uma ferramenta gerencial que pode ser utilizada pelas organizações para análise de processos é a simulação computacional (ALBERTI; FURTADO; KIPPER, 2015).

Com a simulação, é possível retratar um sistema real através de um software computacional, analisar processos dinâmicos e seus efeitos, identificar potenciais melhorias em processos e representar possíveis cenários de um ambiente.

Estes cenários permitem às organizações representarem possíveis ambientes futuros, de forma a evitar erros em procedimentos e investimentos incorretos. Portanto, é possível tomar decisões corretas sem antes precisar alterar o sistema real (MAURÍCIO et al., 2015, TORRES; GARAVITO; RINCON, 2014).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise de uma linha de pintura de peças de máquinas agrícolas, através da simulação computacional, para avaliar a assertividade da produção obtida através da simulação e a produtividade de projeto.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MAPEAMENTO DE PROCESSOS

Um dos objetivos de identificar falhas críticas no processo de produção em empresas de manufatura é diminuir ou eliminar perdas e atrasos na produção, o que economizará custos. O Mapeamento de Processos, ferramenta gerencial com o objetivo de auxiliar na melhoria dos processos atuais ou na implantação de uma nova estrutura baseada em processos, é uma das metodologias que permite identificar e analisar tais pontos críticos. (GONÇALVES, JUNIOR, 2012)

O objetivo da ferramenta de mapeamento de processos é auxiliar na melhoria dos processos de negócios existentes ou na implementação de novas estruturas organizacionais baseadas em processos. Sua aplicação tende a resultar em menores custos de produção no desenvolvimento de bens e/ou serviços, menos falhas sistêmicas e melhorias de desempenho, além de possibilitar melhor entendimento dos processos para eliminar ou reduzir aqueles que necessitam de modificações. (DATZ; MELO; FERNANDES, 2004).

Com ele, qualquer membro da equipe poderá entender facilmente como realizar um determinado processo sem precisar de longas explicações verbais. Uma melhor compreensão de como um processo funciona em geral e a capacidade de detectar ineficiências ou fazer melhorias são possíveis quando um processo é mapeado do início ao fim. O mapa de processos pode ser usado para visualizar qualquer tipo de processo, embora seja frequentemente usado para análise ou melhoria de processos, treinamento ou integração. Ele é útil em situações em que é necessário coordenar as responsabilidades de vários membros da equipe ou comunicar um processo complicado. O mapa mostra todas as atividades que ocorrem durante a execução de uma determinada tarefa ou de uma série de ações. Segundo Scucuglia (2008), o mapeamento é um exercício reflexivo e deliberativo cujo objetivo é retratar fielmente, por meio de fluxogramas ou qualquer outra ferramenta visual atualmente em uso, como ocorrem as trajetórias internas, onde estão seus pontos fracos, onde estão suas inconsistências conceituais, como fluxos de informações, quais são as responsabilidades de cada etapa e, o mais importante, quais são as entregas efetivas que compõem os produtos dos clientes internos das organizações.

O mapeamento de processos também se torna mais significativo porque serve como registro histórico da organização. Uma vez que a aprendizagem se baseia nos conhecimentos e experiências anteriores do indivíduo, uma organização não pode estagnar como resultado de membros do pessoal mudarem de emprego ou abandonarem os seus empregos, pois isso resultaria na perda de credenciais e experiência adquirida ao longo de muitos anos. (TEIXEIRA, 2015)

Um gerente pode utilizar diversas técnicas de mapeamento de processos encontradas na literatura para auxiliar na análise, dentre elas temos: Fluxograma, Mapofluxograma, diagrama de SIPOC, Blueprinting, Diagrama homem-máquina e o Integrated Computer Aided Manufacturing Definition – IDEF.

2.2 PARADAS NÃO PROGRAMADAS

Na produção, as interrupções não planejadas ocorrem por diversos motivos e podem ser categorizadas em dois grupos: interrupções provocadas por fontes internas da empresa e interrupções provocadas por falhas de fornecedores. O primeiro deles refere-se àqueles que são internos, do próprio processo produtivo, como um erro ocorrido durante o desenvolvimento do projeto ou um problema com as ferramentas ou pessoal. A segunda categoria de atrasos é causada por erros do fornecedor, que podem variar desde a má qualidade do bem ou serviço prestado até o não cumprimento dos prazos de entrega. As paradas devem ser vistas como oportunidades, pois, após determinar a verdadeira causa, é possível agir e adotar mudanças que irão diminuir ou até mesmo eliminar a sua ocorrência, melhorando a produtividade do processo. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

2.3 FLUXOGRAMA

Uma técnica para registrar processos é a utilização de símbolos que são conectados por meio de conexões, com conjuntos indicando a direção do fluxo. Isso é conhecido como fluxograma. Esses símbolos representam operação, movimento, observação, expectativa e confinamento. Algumas das vantagens na utilização do fluxograma são: (SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2002)

- Define claramente os limites do processo;
- Facilita a localização e identificação dos aspectos positivos e negativos do processo;
- Proporciona otimização do fluxo produtivo;
- Facilita o treinamento de novos funcionários;
- Facilita o estabelecimento de metas;
- Proporciona uma visão global do processo produtivo.

O objetivo de um fluxograma, ou diagrama de processo, é descrever todas as etapas de um processo de forma simples para torná-las mais fáceis de ver e compreender. (CORRÊA; CORRÊA, 2017)

Ele é ilustrado usando formas geométricas e flechas como símbolos. Flechas indicam a ordem e a relação das fases e as formas geométricas identificam o tipo de ação a ser tomada, por exemplo: início, ação, decisão e finalização. Ao fazê-lo, reflete a realidade do processo e não como se poderia imaginar que ele fosse mostrando a progressão das fases e a sua relação entre si. Sua análise permite identificar atividades desnecessárias e pontos fracos do processo, facilitando a sugestão de melhorias. (VIERA, 2014)

2.4 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A simulação pode ser conceituada de diversas formas, dependendo da importância desse método para cada autor. Porém, todos são unânimes em defender a simulação como um método útil para resolução de problemas de sistemas complexos.

Para Lorenço (1981), a simulação é uma aproximação na qual as características, a forma e a aparência do sistema em estudo são imitadas com o fim de executar experiências substitutas. É a representação de um sistema real através da réplica de uma sucessão de eventos que têm lugar no sistema, de acordo com relações matemáticas e decisões lógicas, permitindo que se efetue a experimentação, sem que tal necessite ser feita no mundo real.

A simulação permite imitar o funcionamento de um sistema real, com o auxílio de softwares em computadores é possível visualizar na tela o funcionamento do sistema em estudo, tal como um filme. Segundo Prado (2014), simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema, usando um computador digital. Isto permite a reprodução do funcionamento de um sistema, com auxílio de um modelo, que nos permite testar algumas hipóteses sobre o valor das variáveis controladas.

Segundo Fernandes et al., (2006), a utilização da técnica de simulação auxilia e possui grande importância nos seguintes aspectos: 1) projetar e analisar sistemas industriais; 2) prever resultados na execução de determinada ação; 3) reduzir os riscos na tomada de decisão; 4) identificar problemas antes de suas ocorrências; 5) eliminar procedimentos em arranjos industriais que não agregam valor à produção; 6) realizar análises de sensibilidade; 7) reduzir custos com o emprego de recursos (mão de obra, energia, água e estrutura física); e 8) revelar a integridade e viabilidade de determinado projeto em termos técnicos e econômicos.

Os aspectos citados anteriormente demonstram os principais fatores que podem ser analisados com a utilização desta ferramenta. Para Law e Kelton (2000) a simulação permite uma visão sistema mais precisa e de fácil entendimento, permitindo com que o engenheiro perceba como alterações específicas locais podem alterar no sistema global.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA

Os irmãos começaram como simples fabricantes de veículos e instrumentos de tração animal, mas passaram a fabricar discos para grades e arados. Após, eles produziram implementos moderníssimos e máquinas agrícolas que foram tracionadas mecanizadas.

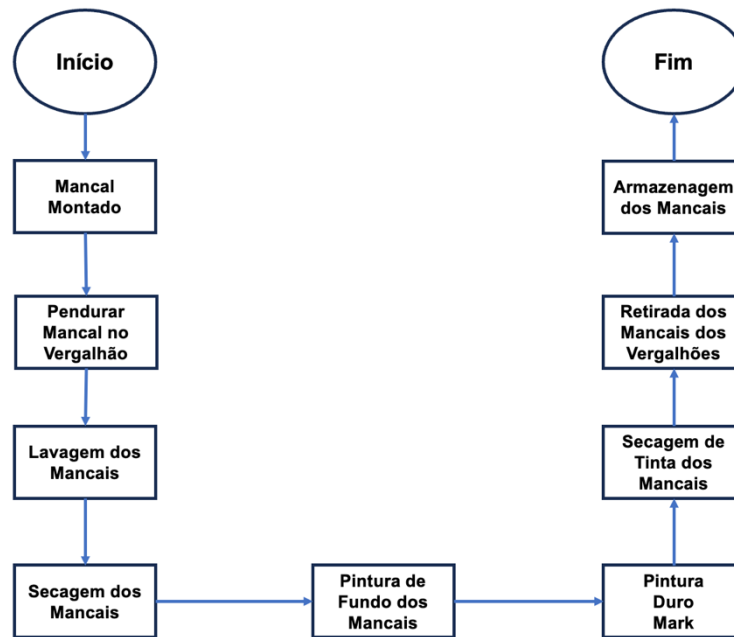
A Empresa A é uma das grandes e mais modernas fábricas de Máquinas e Implementos Agrícolas da América Latina. Além de atender ao mercado interno, exporta para mais de 70 países espalhados pelo mundo e tem um corpo de funcionários altamente especializados que não teve dificuldades para geração de máquinas e implementos para atender o mercado em expansão e cada vez mais exigente.

3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A discussão central do problema a ser estudado envolve o processo de pintura dos mancais (Figura 1) utilizados em máquinas agrícolas. Depois de montados esses mancais são posicionados para receber o processo de pintura.

A partir do posicionamento dos mancais e seus acessórios (capas, etc) na linha de área de pintura, eles passam por um processo de lavagem o qual busca remover sujeiras e oleosidade de sua superfície. Após essa lavagem, eles seguem na mesma linha para uma secagem forçada realizada por um soprador. Após a secagem, recebem uma aplicação de primer para melhorar a adesão da tinta à superfície do mancal, a qual, ajuda a prevenir a corrosão e a melhorar a durabilidade. Na pintura a tinta é aplicada. Em seguida, é aplicado a tinta esmalte que visa proteger e aumentar a resistência à corrosão, temperatura, entre outros. Por fim, após a pintura os mancais passam por um processo de cura ou secagem da tinta. Esse último processo é realizado sem o auxílio de equipamentos para acelerar a secagem. A Figura X, apresenta o fluxograma desse processo.

Figura 1– Fluxograma do processo de pintura.



O mancal passa por um processo sequencial iniciando na linha de montagem e avançando para a linha de pintura. Os mancais são suspensos em vergalhões móveis, deslocando-se a uma velocidade de 0,6 metro por minuto. O primeiro estágio envolve uma lavagem em cabine especializada, onde o mancal é submetido a um processo de limpeza em um espaço de 2 metros, seguido por uma etapa de secagem em uma distância de 1,4 metros. Posteriormente, a etapa de pintura é conduzida por dois pintores utilizando revólveres e aplicando tinta a pó nos mancais. A cabine de pintura abrange uma distância de 6 metros. Após a aplicação, segue-se a fase de secagem dos mancais, percorrendo uma distância de 17,4 metros ao longo da linha para assegurar o tempo necessário de secagem natural. O processo encerra-se com a remoção dos mancais da linha e seu armazenamento em caixas apropriadas para posterior distribuição ou uso.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1 MODELAGEM DO PROBLEMA UTILIZANDO O SOFTWARE

- Cenário 1

O cenário do modelo 1 consiste em operar a linha de produção de conforme os dados coletados no ambiente real. Assim, o modelo foi construído como sendo um processo contínuo e não discreto, uma vez que todas as etapas do processo são realizadas com as peças em movimento.

Para estipular o tempo que cada peça necessita para se mover ao longo de cada etapa processo, foi realizada a divisão da distância da etapa pela velocidade a qual a linha se movimenta. A Tabela 1 apresenta esses tempos.

Tabela 1 – Tempos de cada etapa

Etapas	Distância (metro)	Velocidade (m/minuto)	Tempo (minutos)
Lavagem	2	0,6	3,33
Secagem lavagem	1,4	0,6	2,33
Pintura	6	0,6	10
Secagem pintura	17,4	0,6	29

A simulação do processo atual foi realizada no software no Arena, com a criação do bloco *Create* “Chegada”, com expressão em minutos, e frequência de chegada constante a cada 1 minuto. Após isso, foram criadas as etapas do processo através dos blocos *Station* e *Route*, já que os processos nas peças são realizados com elas em movimento. Os tempos dessas etapas são os apresentados na Tabela 1. Por fim, o processo foi encerrado com o bloco *Dispose*. A Figura 2, ilustra o modelo utilizado no software Arena.

Figura 2 – Modelo do cenário 1



Fonte: os autores (2023)

Foi simulado um tempo de replicação (jornada de trabalho) de 480 minutos, durante um período de 30 dias, sendo obtido um total 430 peças pintadas a cada jornada de trabalho.

- **Cenário 2**

O segundo cenário foi construído considerando as modernizações que serão feitas na linha de pintura. O projeto prevê a instalação de estufas de secagem mais eficientes na etapa de lavagem das peças e na etapa de secagem da tinta. Além disso, o projeto prevê a utilização de tinta esmalte que não necessita de aplicação anterior do fundo primer e uso de um catalizador que reduz o tempo de secagem da tinta. Assim, a velocidade de circulação da linha poderá aumentar, pois as etapas críticas de secagem, tanto da lavagem, quanto da tinta, que

anteriormente necessitavam de tempo para serem realizadas, agora serão auxiliadas por novas tecnologias que acelerarão essa secagem.

Em continuidade, o projeto prevê que a linha possa operar com velocidades de 1 m/minuto, 1,25 m/minuto e 1,5 m/minuto. Contudo, para adequar essa velocidade para a simulação, foi necessário realizar uma adequação no tempo de chegada das peças, uma vez que a distância entre cada peça é de 0,6 m. A tabela x, apresenta o intervalo de chegada das peças em cada nova velocidade simulada.

Tabela 2 – velocidades e intervalos entre chegadas

Velocidades	1 m/min	1,25 m/min	1,5 m/min
Intervalo entre chegadas	0,6 min	0,48 min	0,4 min

Além disso, o novo projeto prevê um aumento das distâncias a serem percorridas pelas em algumas etapas. A Tabela 3 apresenta essas etapas e suas novas distâncias.

Tabela 3 –

PROCESSOS	COMPRIMENTO EM CADA ETAPA (M)
LAVADOR FOSFATO	2,5
PERCURSO TRANSP	1,5
TÚNEL DE SOPRO	2
PERCURSO TRANSP	3,9
CABINE DE PINTURA	6
PERCURSO TRANSP	2
ESTUFA DE CURA	4,5
ÁREA DESCARGA	7,5
ÁREA DE CARGA	5,5
PEÇAS POR HORA (PÇ/H)	

A partir desses novos dados foram realizadas, com o mesmo modelo utilizado no cenário 1, três simulações utilizando as três velocidades propostas no projeto de modernização da linha de pintura. A Tabela 4, apresenta em minutos, os intervalos entre chegadas, os tempos gastos em cada etapa e a quantidade produzida na jornada de trabalho de 480 minutos.

Tabela 4 – Tempos das etapas e quantidade produzidas em cada velocidade da linha

Velocidades m/min

		1	1,25	1,5
	Intervalo entre chegadas (min)	0,6	0,48	0,4
Tempos das etapas do processo (min)	Lavagem	4	3,2	2,66
	Secagem lavagem	5,9	4,72	3,93
	Pintura	6	4,8	4
	Secagem pintura	19,5	15,6	13
	Quantidade produzida	741	941	1000

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A primeira implicação que pode ser feita a partir das simulações realizadas no software Arena é que, como esperado, os valores produzidos estão diretamente relacionados com a velocidade. Ou seja, com o aumento da velocidade de circulação da linha, houve um aumento da quantidade de peças pintadas. Isso ocorre, principalmente por ser um processo contínuo, no qual as peças são processadas em movimento. Caso, o processo fosse discreto, onde as peças teriam que parar para serem processadas, poderia ocorrer filas em determinadas etapas e assim comprometer a quantidade produzida.

A segunda implicação é que os valores obtidos através da simulação no cenário atual e nos cenários com as três novas velocidades apresentam valores abaixo das quantidades que podem ser produzidas conforme a quantidade prevista em projeto. Isso, se deve a necessidade de uma melhor calibração dos parâmetros da linha de produção. Contudo, a diferença entre esses valores pode ser aceita para efeito de planejamento da produção, pois não são tão distantes. A Tabela 5 apresenta a diferença entre os valores obtidos na simulação e os valores de projeto.

Tabela 5 – Diferença de produção entre atual/projeto e simulação

	Velocidades m/min
--	-------------------

Quantidade produzidas	0,6	1	1,25	1,5
Atual/Projeto	470	800	1000	1200
Simulação	430	741	941	1000
Diferença	40	59	59	200

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

O presente trabalho teve por base um estudo que avalia uma linha de pintura de mancais de implementos agrícolas. Este estudo, teve por objetivo analisar por meio de software de simulação as produtividades geradas com a utilização de diferentes velocidades da linha de produção. Para isso, buscou-se uma avaliação da produtividade do processo de pintura com a utilização de um software de simulação a eventos discretos, no caso o Arena.

Como observado nos resultados, os valores apresentados pela simulação apresentam um valor menor que o projetado, contudo essa diferença pode ser aceita devido a linha projetada ainda não estar em funcionamento. Isso, também chama a atenção para a importância no momento da coleta dos dados que serão utilizados na simulação. Os parâmetros devem corresponder ao máximo a realidade, para assim poder representar de forma eficiente a situação real.

Outro ponto importante é a utilização da simulação como ferramenta de estudo para alterações que visam a melhoria de processos. Essa ferramenta possibilita visualizar novos cenários sem a necessidade de investimentos reais em ativos ou alterações físicas nos processos estudados, além de criar uma cultura que facilite estudos de melhorias de processos.

Para trabalhos futuros, sugere-se um estudo longitudinal temporal para poder coletar um número maior de dados que possibilitem se aproximar o mais possível da situação real.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C.A. Administração de produção e operações: manufatura e serviços - uma abordagem estratégica. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2017.

Diagrama de Ishikawa. Disponível em: <<https://ferramentasdaqualidade.org/diagrama-de-ishikawa/>>. Acesso em: 25 out. 2023.

Diagrama de Pareto: O que é? Para que serve? - FM2S. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/blog/grafico-de-pareto>>. Acesso em: 25 out. 2023.

DE CONTROLE PARA VARIÁVEIS, C. et al. **Série monográfica Qualidade Controle Estatístico do Processo.** Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/388_apostilacep_2012.pdf>. Acesso em: 9 out. 2023.

DE JESUS PACHECO, CARLOS FERNANDO JUNG, CARLA SCWENBERGTEN CATEN, PAULO SALDANHA, CAROLINA KIRSCH ROTHE, DIEGO AUGUSTO. CONTRIBUIÇÕES DO USO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS NA ANÁLISE DO DESEMPENHO NA INDÚSTRIA QUÍMICA. **Revista Ingeniería Industrial**, 26 ago. 2014.

PALADINI, E.P. (1995) – Gestão da Qualidade no Processo. Editora Atlas. São Paulo.

RIBEIRO, J.L. & CATEN, C.T. (1998) – Controle Estatístico do Processo. Apostila do Curso de Pós – Graduação em Engenharia de Produção. Editora da UFRGS. Porto Alegre.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

VIEIRA, S. Estatística para a qualidade. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

<https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/10.4322/cerind.2018.001/pdf/ci-23-4-25.pdf>