

SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE CUSTOS DE UM SISTEMA DE PONTE ROLANTE EM UMA EMPRESA SIDERÚRGICA

Daiane Gonçalves Cruz¹

Mateus Gomes Pereira²

Maria Aparecida Fernandes Almeida³

Resumo

O mercado atual tem passado por mudanças significativas em seu processo de gestão da produção. O processo de simulação se apresenta como um forte subsídio de gestão, garantindo às empresas uma melhoria relevante em seu processo de tomada de decisões. Diante desse pressuposto, o presente estudo apresenta a verificação de um processo de transporte de tubos por ponte rolante, em uma empresa siderúrgica situada no estado de MG, com o objetivo de analisar os custos gerados pelas quedas das peças durante a movimentação e transporte através da simulação do processo. Para tanto, a metodologia adotada foi o estudo de caso, sendo que a pesquisa bibliográfica abordou as questões voltadas à simulação, processo de planejamento e custos da produção, processo de simulação por meio do *software* arena e aspectos gerais acerca da ponte rolante. Com base no fluxograma elaborado, tornou-se possível coletar e tratar os dados referentes às etapas do processo estudado, criar o modelo que representa o cenário real para posteriormente modelar um cenário ideal e propor melhorias que reduza de maneira significativa os gargalos e os custos gerados pelos problemas observados, minimizando os possíveis desperdícios e otimizando a produtividade neste contexto.

Palavras chave: Simulação. Sistema. Ponte rolante. Empresa.

Abstract

The current market has undergone significant changes in its production management process. The simulation process presents itself as a strong management subsidy, guaranteeing companies a relevant improvement in their decision-making process. In view of this assumption, the present study presents the verification of a process of transporting pipes by crane, in a steel company situated in the state of MG, with the objective of analyzing the costs generated by the falls of the pieces during the movement and transport through the simulation of the process. In order to do so, the methodology adopted was the case study, and the bibliographic research addressed the issues related to simulation, planning process and costs of production, simulation process through software arena and general aspects about crane. Based on the elaborated flowchart, it became possible to collect and process the data related to the stages of the studied process, to create the model that represents the real scenario and then to model an ideal scenario and propose improvements that significantly reduce the

¹ Graduanda em Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, daianecruz@hotmail.com

² Graduando em Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, mateubh@hotmail.com

³ Professora Doutora da Escola de Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

bottlenecks and generated costs problems, minimizing possible waste and optimizing productivity in this context.

Keywords: Simulation. System. Rolling bridge. Company.

1 Introdução

No contexto do mercado, mudanças têm ocorrido de maneira constante. Isso tem feito com que as empresas adotem novas estratégias com a finalidade de melhor atender o processo produtivo e, conseqüentemente, seus clientes. As empresas têm investido cada vez mais em ações voltadas ao processamento da produção, como é o caso de técnicas envoltas à reengenharia, sistemas de gestão empresarial integrada, certificações ISO (*International Standart Organization*), produtividade enxuta, bem como custeio diferenciado de atividades no intuito de capacitar as organizações para atuarem de maneira mais competitiva e assertiva ante as demandas do mercado (BREMER; LENZA, 2000).

Um sistema voltado ao processo de produção nas empresas deve ser visto como um conjunto de elementos que se inter-relacionam e integram procedimentos e técnicas que podem atingir de maneira assertiva o resultado final. A simulação de sistemas tem se tornado uma forma de formalização de projetos e análises acerca da relevância dos mesmos. Isso ocorre por intermédio de processos computacionais, expressando-se, por meio desses, análises matemáticas ou mesmo informações específicas no intuito de imitar a operação que será realizada no mundo real (TEIXEIRA NETO, 2015).

Nesse sentido, a técnica de simulação apresenta-se como um processo seqüencial que é elaborado no intuito de pautar a tomada de decisões em torno do modelo de operações de um determinado negócio. Logo, esse tipo de processo assume papel de “principal gestor” e “*controller*” de uma empresa, trazendo benefícios voltados aos principais agentes ativos no processo decisório de ações, proporcionando ao ambiente empresarial um clima de maior motivação, facilitando a consolidação de ações ante o mercado (GIMENES; BERNARD, 2007).

Assim, o presente estudo foi pautado em um estudo de caso realizado em uma empresa de grande porte da região de Minas Gerais. Trata-se de uma empresa do ramo siderúrgico, que conta com o funcionamento de duas usinas e tem como principal função produzir tubos de aço sem costura. A empresa encontra-se no ramo desde o ano de 2011, sendo resultado da junção de duas empresas de contexto mundial.

Apresenta capacidade produtiva de até 550 mil toneladas de tubo por ano, fato que propicia cerca de 4.268 empregos diretos no país. Além disso, é uma empresa que atende diferentes setores, como é o caso dos setores petrolíferos, industriais, automotivos, de energia e da construção civil.

Nesse sentido, por ser a simulação de grande valia para o desenvolvimento produtivo e financeiro da empresa, analisar o sistema de ponte rolante no contexto da mesma justifica o desenvolvimento desse tema, uma vez que tal processo pode nortear ações mais assertivas e diretivas quanto à tomada de decisões dos profissionais de produção no ambiente desta empresa. Desse modo, o presente estudo apresenta por objetivo específico desenvolver um processo de simulação do sistema de transporte de ponte rolante por meio do uso do *software* Arena. Como objetivo geral espera-se analisar os custos gerados pelas quedas de tubos durante a movimentação e transporte através da simulação do processo.

O trabalho encontra-se estruturado da seguinte maneira: a introdução apresentou a visão geral acerca do tema, salientando a proposta do estudo; o referencial teórico abordou as questões voltadas à simulação, suas modalidades, processo de planejamento e custos da produção, processo de simulação por meio do *software* Arena e aspectos gerais acerca da

ponte rolante. A metodologia, por sua vez, abordou o processo adotado para a realização do estudo e a apresentação e análise dos dados, contemplou um estudo de caso para a abordagem empírica do tema.

2 Referencial Teórico

2.1 Simulação

De acordo com Gimenes e Bernard (2007), a simulação é uma forma de abstração matemática que procura simplificar os processos produtivos das empresas. Os participantes desse processo, tanto individualmente quanto em grupo, podem participar da gestão da empresa, tomando as decisões necessárias no processo produtivo. Este é visto como um processo estruturado estrategicamente, sequenciando assertivamente a tomada de decisões com vistas ao modelo de operações de um determinado negócio, fazendo com que os participantes assumam o papel de gestor na empresa que encontra-se sendo simulada.

Para Bouzada (2013); Gimenes e Bernard (2007); Schafranski e Tubino (2013) existem algumas formas de simulação, podendo ser ela: geral ou funcional; interativa ou não interativa; individual ou em equipe; determinística ou probabilística.

Com relação à simulação geral ou funcional, Schafranski e Tubino (2013) verificam que este processo ocorre de acordo com o nível de abrangência do problema que se tem no contexto empresarial. A simulação geral normalmente é realizada com a finalidade de desenvolver habilidades gerenciais nos dirigentes que se encontram no processo de produção. Nesse tipo de simulação, trabalha-se com as principais áreas funcionais da empresa, induzindo seus participantes a refletirem e posicionarem-se diante de análises e decisões estratégicas. Com relação à simulação funcional, esta se pauta no desenvolvimento de habilidades de áreas que são específicas do processo de gestão. Sua principal finalidade é o desenvolvimento de habilidades diretivas nos procedimentos básicos que são exigidos em cada área específica da administração.

Com vistas à simulação individual ou em equipe, tem-se que a mesma é decidida após análise do que se deseja alcançar na produção. Em simulações de porte funcional, o objetivo é correlacionado ao desenvolvimento de habilidades de teor gerencial que são específicas, podendo-se, no entanto, trabalhar de maneira individual no processo de produção. Com relação às simulações gerais, estas normalmente são aplicadas de maneira coletiva, ou seja, em grupo desejáveis. Esse processo ocorre por meio da tomada de decisões específicas, fazendo com que os participantes adquiram não apenas habilidade de aporte técnico, mas aprendam a proceder a observação e avaliação do aspecto comportamental e interpessoal envolto ao processo de produção (GIMENES; BERNARD, 2007).

Quanto às simulações determinísticas ou probabilísticas, Bouzada (2013) afirma que, o primeiro tipo de simulação é aquele que apresenta em sua constituição uma estrutura de todas as variáveis que são determinísticas, ou seja, neste tipo de processo as tomadas de decisões podem ser repetidas de maneira constante, gerando-se o mesmo resultado. Por sua vez, o segundo tipo de simulação incorpora variáveis de teor aleatório que integrem determinadas probabilidades de ocorrência, ou seja, pode haver repetição da decisão por diversas vezes, contudo, os resultados apresentam-se de maneira distinta.

Nesse sentido, analisando-se os tipos de simulação existentes, pode-se dizer que a tomada de decisões das empresas pode apresentar grande influência ante o mercado. A técnica de simulação em si sugere que o treinamento e desenvolvimento gerencial são de grande valia no processo de gestão da produção das empresas, uma vez que evitam gastos não programados e desnecessários, apoiando a tomada de decisões que forem mais assertivas para o processo de mercado.

2.2 Modalidades de Simulação

Roveri (2004) analisa que existem quatro categoriais de estudos de sistemas-objeto, elementos estes que formam um meio conveniente de se analisar sistemas de simulação. Cada categoria pode conduzir à usabilidade de outra modalidade, servindo, inclusive, de base de comparação com resultados. Estas modalidades são:

a) **Análise:** tem a finalidade de transformar o complexo de dados de classes consideradas como fundamentais ou significativas, descobrindo as relações existentes entre estas classes. A análise é uma forma de simulação de comportamento do sistema que se estuda, fundamentando os dados quantitativos.

b) **Simulação homem-modelo:** é um tipo de simulação que se caracteriza pela introdução de agentes humanos na experiência que será simulada. Esta se embasa em suposições, adquirindo menor relevância no que tange ao estudo do comportamento do modelo. Os resultados oriundos dessa experiência são dados, observações, assim como registros.

c) **Simulação homem-máquina e homem-computador:** no primeiro tipo de simulação o agente interage com aparelhos, representando parte do sistema-objeto; enquanto no segundo tipo, o computador deve ser visto como uma máquina, elemento este que também se refere à experiência como uma forma de simulação que se dá entre homem e computador.

d) **Simulação computadorizada:** é uma forma de simulação que é inteiramente conduzida por meio de computadores. Neste tipo de simulação nos controles de experiência normalmente são fornecidos por meio de programas que contém instruções, fornecendo ainda representações do comportamento do que se quer analisar, mas passo a passo. Logo, a simulação computadorizada pode ser vista como uma forma de experiência de raciocínio assistida de maneira eletrônica.

e) **Simulação viva:** é uma forma de experiência em que o homem desempenha papel ativo ou protagonista na simulação. É um tipo de simulação que pode envolver simulações homem-modelo, homem-máquina e, em alguns casos, homem-computador.

f) **Lean-Manufacturing** como forma de simulação: tem sido utilizada no cenário atual como forma de simulação, pois tem trabalhado prol a eliminação de perdas e otimização de sistemas operativos, utilizando, para tanto, ferramentas de diagnósticos *lean*, como valor, cadeia de valor, otimização de fluxo (que se atrela com o processo de produção e minimiza os desperdícios ante o processo de produção – fato que mais atrela esse processo do *leanmanufacturing* à simulação), sistema *pullflow* e melhoria contínua (FRANÇA, 2013).

2.3 Planejamento e controle de custos de produção

Com vistas ao controle de custos, este agrega um papel fundamental no que concerne ao cumprimento do planejamento. Isso se dá pelo fato de que este fomenta subsídios no que tange a análise físico-financeira do processo produtivo. O cronograma financeiro é um item indispensável no processamento das empresas, uma vez que estas necessitam de planejamento constante acerca da previsão do fluxo de desembolso para o período de execução de um empreendimento. Normalmente, este cronograma é elaborado de acordo com o cronograma produtivo, considerando-se nesse elemento características técnicas de execução, assim como políticas da empresa no tocante à compra de materiais, fechamento de grandes contratos, nas condições de pagamento e de reajustamentos (KREMER; KOVALESKI, 2006).

Santos *et al.* (2008), por sua vez analisam que as deficiências correlatas aos sistemas de gestão de custos são visualizadas ao início da orçamentação, uma vez que há a composição de custos durante todo processo produtivo. Estas utilizam coeficientes de consumo de

materiais e mão-de-obra de origem obscura, sendo de difícil mensuração no âmbito das empresas.

Dessa forma, a gestão dos custos envolve o empreendimento como um todo, considerando todo seu processamento e fases concernentes. Em suma, deve ser visualizada a relevância agregada a este processo, uma vez que o embasamento de decisões quanto ao planejamento da produção é efetivado em conjunto com a própria programação financeira (COSTA, 2010).

Analizando o pressuposto dos custos, é correto afirmar que os mesmos podem ser de planejamento quanto ao uso de mão-de-obra, equipamentos e ferramentas, sendo que: o primeiro tipo de custo considera que a mão-de-obra é que possibilita a aquisição de resultados práticos; o segundo embasa-se pelo estudo dos materiais necessários para o processo produtivo da empresa; e o terceiro, analisa quais são as ferramentas que são indispensáveis para a realização do serviço ou processo produtivo (CILIANA *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2008; FREIRE *et al.*, 2013).

Em suma, os custos devem ser totalmente analisados para que o processo produtivo seja eficaz e bem norteado. Analisar os equipamentos, ferramentas e mão-de-obra necessárias são subsídios para se saber o que se é realmente necessário no processo produtivo.

2.4 Simulação de processos por meio do *Software Arena*

Analizando a perspectiva de Fernandes (2012) tem-se que o Arena é um software complexo utilizado com a finalidade de simular sistemas, sendo que estes são conduzidos por eventos que verificam possíveis impactos e alterações que possam existir em sistemas reais. É um software que agrega em sua constituição diferentes vantagens, estando dentre elas a facilidade de utilização de simuladores de alto nível, elementos estes que integram flexibilidade na linguagem de simulação, assim como mantém uma interface gráfica que para o processo é muito pertinente. Esse processo ocorre devido à linguagem SIMAN, a qual é utilizada em conjunto com diferentes módulos de altos níveis de diferentes modelos. O Arena ainda possui integração com o *Microsoft Word*, elemento este que permite a leitura e escrita de dados do *Microsoft Office Excel* e *Microsoft Office Access*. Integra também uma ferramenta de cunho adicional, o *Input Analyser*, que é rica para o processamento de estudos de pré-otimização.

Pereira, Meza e Tammela (2013) salientam que, a programação realizada em Arena normalmente é embasada pela utilização de módulos que, após a devida interligação e configuração, propiciam a lógica de controle dos modelos. Além disso, esse *software* é um conjunto de módulos gerais, constituindo, no entanto, modelos para utilização própria.

Em suma, analisando as perspectivas do *Software Arena* tem-se que o mesmo é uma ferramenta muito intuitiva, uma vez que auxilia na construção dos modelos. Sua lógica encontra-se correlacionada ao controle intermediada pela interligação de módulos e sua parametrização, fornecendo elementos que fomentam o caminho e a saída de resultados que potencializam o processo de simulação (FERNANDES, 2012).

2.4.1 Custos

A análise de custos é essencial para a avaliação de desempenho de um sistema. É possível inserir custos em dois blocos no Arena: O Bloco de Dados Entity e o Bloco Resource. No Bloco de Dados Entity, os parâmetros de custos usados na geração de estatísticas e todas as informações relevantes acerca das entidades que foram criadas para o sistema podem ser alteradas. O Bloco Resource permite inserir custos e editar as características dos recursos utilizados pelos processos do modelo. Contudo, não é possível

inserir cada custo separadamente, o custo inserido deve ser o custo total em horas. Os custos utilizados no presente estudo e descritos abaixo foram inseridos no modelo lógico criado no Software Arena, que após a simulação gera relatórios automáticos com dados específicos.

- a) “Holding Cost/Hour”: Trata-se do custo de manutenção por hora. Este foi estimado com base no custo anual de manutenção da ponte rolante, fornecido pelo setor de Planejamento e Controle da Produção, estimado em R\$ 172.200,00, que corresponde a R\$19,93 por hora.
- b) “Busy/Hour”: Define o custo por hora de ocupação do recurso (operador e ponte). Este foi estimado com base no custo anual de operação da Ponte Rolante, fornecido pelo setor de Planejamento e Controle da Produção, estimado em R\$ 449.922,80, que corresponde a R\$52,07 por hora.
- c) “Idle/Hour”: Trata-se do custo ocioso por hora. Este representa o custo correspondente ao tempo sem atividade. Foi estimado em R\$ 15,00, valor aproximado da hora trabalhada do operador de ponte rolante. Foram desprezados os custos ligados diretamente a produção por se tratar de um transportador e outros custos por não afetar significativamente o processo de simulação.
- d) “Per Use”: Indica o custo por uso do recurso (operador e ponte). Este foi fornecido pelo setor de Planejamento e Controle da Produção e estimado no valor de R\$ 60,00, obtido por meio do somatório dos custos fixos e outros custos não definidos, como por exemplo, depreciação do equipamento.

2.5 Ponte Rolante: aspectos gerais

Segundo Queirós (2012), as pontes rolantes são elementos de grande relevância no processo de produção das empresas, uma vez que favorecem o transporte de materiais. Além disso, as pontes rolantes são maquinários que fazem elevação de diversas formas, guindaste de ponte, eletromagnetismo, propiciando o deslocamento de sua viga principal no sentido transversal, tanto nos planos horizontais e/ou verticais, com a finalidade de suspender cargas verticalmente do chão até aproximadamente à altura da viga principal.

Corrêa (2001) analisa que este maquinário fica instalado sobre um carro que se desloca logitudinalmente através dessa viga principal, favorecendo sua locomoção e mudança de posição.

Conforme Andreuzza (2012), as pontes rolantes são empregadas no transporte e elevação de cargas em instalações industriais como fundições, usinas siderúrgicas, linhas de montagens, em casas de máquinas como usinas elétricas, em pátio de cargas e depósitos. Esse maquinário consta de um instrumento livre que roda sobre trilhos, sendo sua viga dotada de um carrinho que se movimenta sobre os mesmos. Além disso, as pontes rolantes com talha constam de uma viga “I”, cuja aba inferior se apoia em uma talha com trole, favorecendo sua locomoção.

Tem-se que as pontes rolantes possuem comandos elétricos, os quais podem ser acionados da cabine ou mesmo do piso mediante a utilização de um sistema de botoeiras. São dotadas também de um sistema de proteção que tem a finalidade de garantir a segurança durante as operações, trabalhando como limitadores, freios e eletromagnéticos de segurança (ANDREUZZA, 2012).

Para Yin (2001), as pontes rolantes são consideradas uma forma inteligente de transporte interno. Este maquinário começou a ser utilizado devido aos ganhos em produtividade que compensaram sua implantação. Por este fato, este mecanismo se adaptou muito bem nos diversos ramos da produção industrial como: automobilístico, aeronáutico, siderúrgico, etc. Assim os produtos manuseados deixaram de ser produtos pesados e especiais e passaram a ser de linha e com grande capacidade de produção e volume.

Assim, esse mecanismo passou a ser padronizado e bem direcionado em operações, melhorando o processo produtivo e favorecendo a qualidade e eficiência do que era produzido no contexto industrial com a maior agilidade possível. A Figura 1 a seguir apresenta uma ponte rolante regida por princípio de eletroímã:

Figura 1: Ponte Rolante que atua por princípio de eletroímã



Fonte: Sinoko Cranes, 2018

Nesse sentido, uma corrente elétrica, produz ao seu redor uma região de influência magnética, denominada campo magnético. Os campos magnéticos são formados ao redor de ímãs, ou de condutores percorridos por uma corrente elétrica.

Esse campo é representado por linhas de campo ou linhas de indução. Contudo, é importante destacar que campo magnético é diferente de campo elétrico. Logo, o campo elétrico é uma região não material que existe ao redor de todo corpo eletrizado, e que faz a intermediação na troca de forças com outros corpos eletrizados. Ele surge ou se instala preenchendo todo o espaço ao redor do corpo assim que for eletrizado (MÁXIMO; ALVARENGA, 2012).

3 Metodologia

A presente pesquisa é um estudo de caso, de porte descritivo-exploratório e de caráter quantitativo. Seu processo se deu por meio de observação a campo de dados, analisando-se as funções técnicas oriundas do processo de simulação e de custos gerados por meio das quedas dos tubos. Essa análise é efetivada pela existência de falhas durante o processo de movimentação e transporte em uma ponte rolante do tipo eletromagnética, fazendo-se necessário a simulação do sistema por meio de *software* – neste caso, com adoção do *software* Arena – para melhor atendimento das demandas operacionais da empresa.

A metodologia do estudo embasa-se em processos específicos, os quais, após a definição do tema, oportunizaram a definição de referências bibliográficas acerca da relevância deste estudo. Freitas Filho (2008) em seu estudo analisa que tais passos na formulação de um estudo envolvendo modelagem e simulação integra etapas consideradas como essenciais e específicas do processo. A Figura 2 apresenta os passos correlatos à formulação da modelagem e simulação.

Figura 2: Passos da formulação da modelagem e simulação



Fonte: Freitas Filho, 2018

Estas são apresentadas abaixo:

- a) **Formulação e análise do problema:** descrição do processo de movimentação e transporte das peças por ponte rolante eletromagnética, bem como análise do problema e identificação de possíveis gargalos, apresentando-se sugestões de melhorias
- b) **Planejamento do projeto:** processo em que há a definição das etapas, bem como a estruturação do projeto. Esta utilizará como método de pesquisa a modelagem por meio do uso do *software* arena.
- c) **Formulação do modelo conceitual:** construção do fluxograma que representará cada etapa do processo a ser modelado.
- d) **Coleta de macro informações e dados:** será baseada nos dados fornecidos pelo setor de planejamento e controle da produção do setor estudado e por meio de pesquisa de campo, sendo que os dados coletados serão trabalhados no Excel para organização e análise dos mesmos.
- e) **Tradução do modelo:** Codificar o modelo em linguagem de simulação utilizado o *software* Arena e modelar o sistema a partir dos dados obtidos.
- f) **Verificação e validação do modelo:** verificar se existem erros de programação no modelo construído e confirmar se o mesmo representa o processo real estudado.
- g) **Projeto experimental:** realização de vários testes para obtenção das informações desejadas.
- h) **Experimentação:** realização de diversas simulações para geração do relatório de resultados.
- i) **Análise dos resultados:** análise dos resultados gerados por meio de relatórios ao final da simulação, verificando a quantidade de replicações realizadas, as restrições do processo e a possibilidade de intervenções caso o resultado obtido não seja satisfatório.

j) **Comparação e identificação das melhores soluções:** Comparar e identificar as melhores soluções a serem adotadas no modelo simulado.

k) **Documentação, apresentação dos resultados e implementação:** Descrição dos passos realizados durante todo o processo de modelagem e simulação, apresentação dos resultados por intermédio de um relatório, o qual integra todo esforço e trabalho que foi realizado no decorrer da presente pesquisa, incluindo-se, ainda, os dados coletados, o diagnóstico do problema, dentre outros parâmetros.

Assim, tem-se que neste estudo foi realizado um plano de simulação de acordo com Almeida (2009) para o processo de planejamento dos experimentos e formulação de todas as etapas necessárias ao estudo.

4 Estudo de Caso

4.1 A Empresa

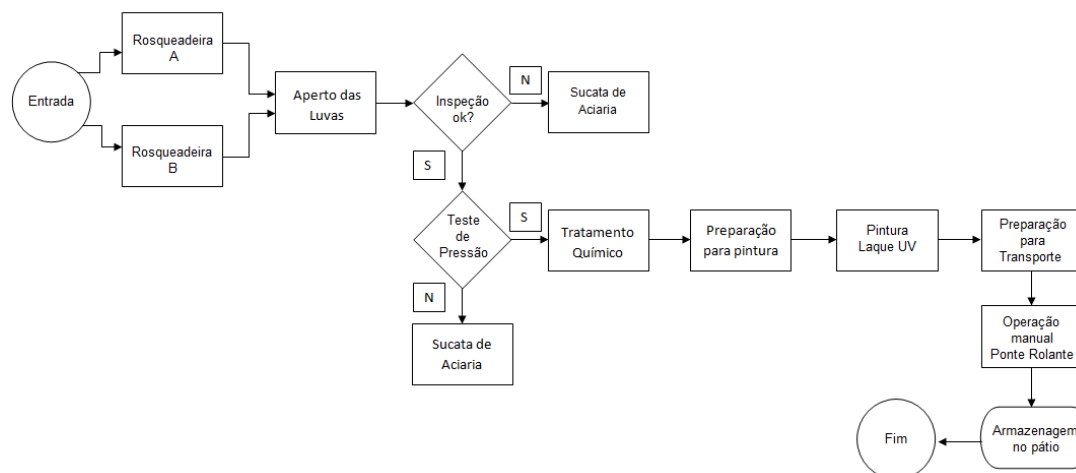
A empresa é do ramo siderúrgico, sendo de grande porte no estado de Minas Gerais que adveio da junção de duas empresas de contexto mundial. A empresa conta com o funcionamento de duas usinas que promovem a produção de tubos de aço, atendendo, devido à sua grandiosidade mercadológica, diferentes setores, como é o caso do setor petrolífero, industrial, automotivo, de energia, e da própria construção civil.

O presente estudo busca analisar, por meio de técnicas de simulação, possíveis custos gerados através das quedas de tubos de aço, os quais são ocasionados por falhas que decorrem durante o processo de movimentação e transporte em uma ponte rolante eletromagnética na empresa. Assim, analisar as quedas torna-se relevante, pois pode agregar maiores conhecimentos acerca de técnicas que podem ser adotadas a fim de evitar perdas desses produtos.

4.2 Descrição do Processo

Para um melhor entendimento de todo o processo industrial que pleiteia o trabalho proposto, foi criado um fluxograma a fim de observar as dimensões dos problemas causados com o atrasado da produção devido a quedas de tubos durante a movimentação e transporte das peças na fase final do processo.

Figura 3: Fluxograma Geral do Processo



Fonte: Elaborado pelos autores

O presente fluxograma trata-se de um elemento completo, pois subsidia o entendimento acerca do funcionamento do processo, que se inicia no processo de chegada (Entrada) dos tubos. Assim, estes são direcionados para a Rosqueadeira A e para a Rosqueadeira B, conforme suas disponibilidades. Entretanto, cabe salientar que, ambas executam o mesmo trabalho.

Posteriormente, é realizado o aperto de luvas, sendo que este tem a finalidade de conectar as luvas de aço nas partes que são rosqueadas. Depois deste processo, as peças passam por inspeção funcional para a procura de possíveis trincas, poros ou mesmos outros problemas que possam existir. As peças que se encontram dentro dos parâmetros (inspeção “ok”) continuam no processo, enquanto as peças não conformes são sucateadas, tratadas no processo como “sucatas de aciaria”, sendo levadas ao início do processo de fundição.

Dessa maneira, após processo de inspeção, o tubo é submetido a um teste com a finalidade de analisar sua capacidade de suportar pressão em suas paredes (Teste de Pressão), para posteriormente passar por um banho químico (Tratamento Químico). Sendo realizados esses processos, os componentes são encaminhados para a limpeza (Processo de Preparação para Pintura), sendo que a finalidade desse processo é limpar as peças para que uma pintura especial seja realizada a fim de se evitar possíveis corrosões (Pintura – Laque UV). Realizada esta etapa, os tubos são dispostos sob uma mesa com o intuito de alinhar a seqüência de transporte por meio da ponte rolante eletromagnética (Preparação para Transporte). Por fim, a última etapa tem por finalidade transportar os tubos por meio de operação manual da ponte rolante (Operação Manual Ponte Rolante) para o Bundle (agrupamento das peças).

É nesta etapa que ocorre as quedas dos tubos, principalmente àqueles de diâmetro de 16 polegadas, o que pode ocasionar em meio ao processo produtivo, atrasos na linha de produção, trazendo prejuízos diversos à organização.

Com este estudo espera-se reduzir de maneira significativa os gargalos, as filas e os custos gerados pelos problemas observados até o momento. Além disso, a otimização do processo produtivo é fator almejado na pesquisa, pois o conhecimento dos processos e os saberes dos envolvidos podem subsidiar estratégias diferenciadas e a criação de um processo mais eficaz e assertivo para a empresa.

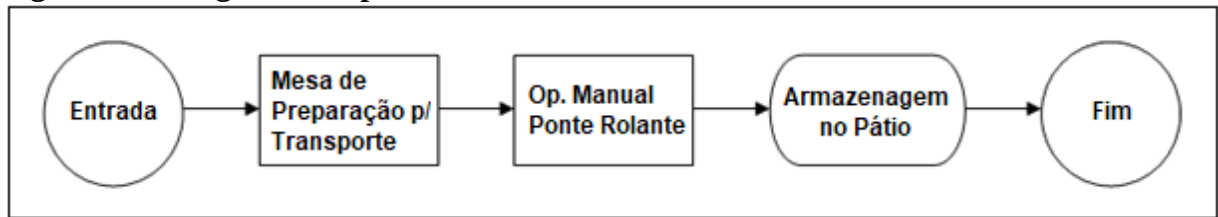
4.3 Plano de Simulação

4.3.1 Problemática de Estudo

É perceptível que as quedas das peças durante o processo de movimentação e transporte da ponte rolante eletromagnética gera atrasos no processo de acabamento final dos tubos e conseqüentemente prejuízos para o processo produtivo. Por este motivo a simulação será de grande relevância para o setor, apresentando informações mais consistentes acerca das quedas dos tubos, custos ocasionados e atrasos na linha de produção. Tão logo, por meio dos resultados elencados neste estudo, espera-se que seja possível haver a melhora estratégica e operacional do processo de produção, minimizando possíveis desperdícios e otimizando a produtividade neste contexto.

4.3.2 Modelo conceitual

A Figura 4 a seguir apresenta o fluxograma do processo simulado. Trata-se de um modelo simplificado, uma vez que proceder ao recolhimento de informações de cada setor demandaria tempo significativo e estudos minuciosos acerca do processo. Dessa maneira, para construção do modelo no Arena foi considerado o início do processo simulado à mesa de preparação para o transporte dos tubos.

Figura 4: Fluxograma simplificado do Processo

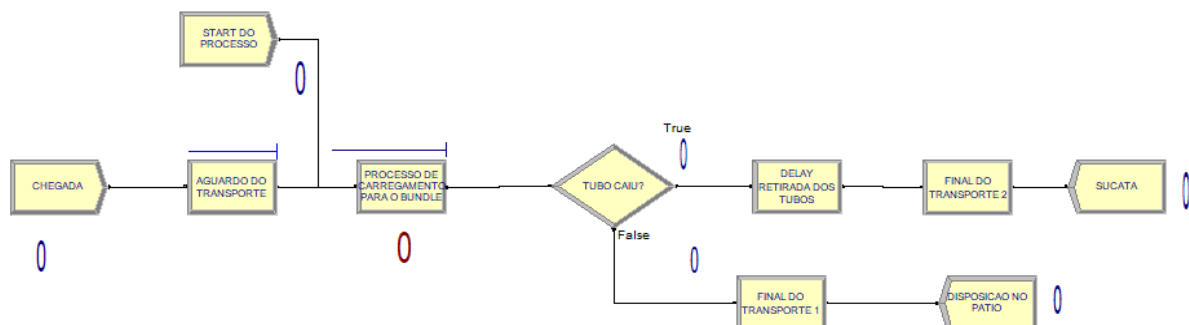
Fonte: Elaborado pelos autores

Analisando o fluxograma simplificado, vê-se que é nas etapas finais da linha de acabamento que ocorrem os gargalos. Estes se dão devido às quedas dos tubos e ocasionam filas na mesa de preparação das peças para o transporte, fazendo que o tempo de retirada do tudo, torne-se um transtorno para o processo produtivo. Apesar do tempo de retirada do tubo se apresentar relativamente baixo, os atrasos no processo de produção são notáveis.

Deste modo, a simulação do modelo terá o mesmo nível de detalhamento do fluxograma da Figura 4. Todos dados coletados em meio a este processo, serão utilizados para a criação das entidades, variáveis e atributos do processo, perfazendo que os resultados dessa simulação sejam analisados por intermédio de relatórios que são disponibilizados pelo *software* Arena.

4.3.3 Modelo Lógico no Arena

O modelo lógico no Arena nada mais é que um tipo de ferramenta que permite a identificação de erros e melhora da modelagem dos processos de maneira mais clara e concisa. Trata-se de um processo que orienta o fluxo lógico do sistema, definindo os métodos, estruturas de dados lógica de controle, bem como nível de detalhamento a serem efetivados (CRUZ, 2016). A partir do fluxograma apresentado na figura 4 tornou-se possível a elaboração do modelo lógico representado na figura 5.

Figura 5: Modelo lógico criado no *software* Arena

Fonte: Software Arena 15.3

Para recriar o cenário real do processo, representou-se as entidades utilizando os seguintes blocos do *software* Arena:

- *Create*: Entrada (Chegada e Start do Processo)
- *Dispose*: Saída (Sucata e Disposição no Pátio)
- *Hold*: Aguardo Sinal (Aguardo do Transporte)
- *Process*: Processo do Sistema (Processo de Carregamento para o Bundle)
- *Decide*: Decisão (Tubo Caiu?)
- *Signal*: Sinal de liberação (Final do Transporte 1 e 2)
- *Delay*: Atrasos (Retirada dos Tubos)

4.4 Coleta de Dados

Inicialmente, alguns dados foram repassados pelo departamento de Planejamento e Controle da Produção, como a quantidade de peças recebidas por hora, que posteriormente pôde ser confirmada por meio de pesquisa de campo, os valores da hora trabalhada dos operadores de Ponte Rolante e Manutenção, bem como os custos de manutenção e energia elétrica da Ponte. Em seguida houve a coleta dos dados em campo a fim de definir algumas premissas a serem segmentadas como porta de entrada para o modelo de simulação. Dentre os dados coletados, destacam-se:

- Quantidade de peças recebidas em 2 turnos (16 h)
- Quantidade de peças que caíram
- Tempo (em min.) de Linha parada devido quedas
- Tempo de transporte do Bundle

Após os dados coletados, os mesmos foram trabalhados em meio ao programa Excel, pois esta é considerada uma ferramenta que realiza um tratamento mais ágil, eficaz e fácil dos dados. Esse foi considerado o início para se efetuar o processamento da modelagem do sistema real, pois a partir de tal base de dados, foi verificado o ajuste das distribuições de probabilidades de cada etapa do processo utilizando a ferramenta Input Analyzer do Arena.

4.5 Tratamento de Dados

Os dados coletados foram agrupados em uma tabela elaborada no Excel. Em seguida foram transformados em horas para posteriormente calcular os intervalos de chegada dos tubos e o percentual de atrasos em minutos. A Tabela 1 apresentada a seguir, representa os dados de produção que foram coletados durante 16 dias, em 2 turnos de 8 horas cada.

Tabela 1: Dados de Produção e custos ocasionados pelas quedas dos tubos

Dados de Produção								
Dias	Nº de pçs recebidas em 2 turnos (16 h)	Quantidade de peças processadas	Quantidade de peças que caíram	Tempo Total de Linha parada (min.)	Tempo de Movimentação e Transporte Ponte Rolante (min.)	Quantidade de peças recebidas por hora	Intervalo de chegada por minuto	% de atrasos em min.
1	368	341	7	70	4,58	23,00	2,61	7,29%
2	365	319	12	120	4,36	22,81	2,63	12,50%
3	360	353	2	20	3,00	22,50	2,67	2,08%
4	367	344	6	60	3,58	22,94	2,62	6,25%
5	350	339	3	30	3,46	21,88	2,74	3,13%
6	366	366	0	0	5,00	22,88	2,62	0,00%
7	368	368	0	0	4,33	23,00	2,61	0,00%
8	366	336	8	80	4,51	22,88	2,62	8,33%
9	362	332	8	80	5,00	22,63	2,65	8,33%
10	368	334	9	90	4,32	23,00	2,61	9,38%
11	365	323	11	110	4,53	22,81	2,63	11,46%
12	355	351	1	10	4,58	22,19	2,70	1,04%
13	363	348	4	40	4,40	22,69	2,64	4,17%
14	364	330	9	90	3,48	22,75	2,64	9,38%
15	368	318	13	130	5,00	23,00	2,61	13,54%
16	367	356	3	30	5,00	22,94	2,62	3,13%
								6,25%

Fonte: Elaborado pelos autores

Houve neste processo, a segmentação dos dados de forma horária. Desse modo, a coluna nomeada como **“Quantidade de peças recebidas em 2 turnos”** indica a quantidade de peças que estiveram presentes no processo de acabamento. Assim, a **“Quantidade de peças recebidas por hora”** foi calculada dividindo-se a quantidade de peças recebidas em dois turnos por 16 horas.

A coluna **“Intervalo de chegada por minuto”** representa o intervalo de chegada de cada peça em minutos. Esse valor foi obtido através da divisão da “quantidade de peças recebidas por hora” por 60 minutos. A coluna **“Quantidade de peças processadas”** representa o número de peças que não sofreram queda e foram finalizadas com sucesso, enquanto a coluna **“Quantidade de peças que caíram”** indica o número de peças que sofreram queda durante o processo de movimentação e transporte pela ponte rolante.

Por sua vez, o **“Tempo Total de Linha parada devido quedas (em min.)”** indica o tempo total que o processo ficou parado no dia, deixando de produzir. Foi obtido através do somatório dos tempos cronometrados, gastos para a retirada das peças que caíram. O **“Tempo de Movimentação e Transporte Ponte Rolante (min.)”** indica o tempo gasto no processo de transporte das peças. Por fim o **“percentual de atrasos”** foi obtido pela divisão do “Tempo Total (em min.) de Linha parada devido quedas” pelo tempo de produção nos dois turnos em minutos (960).

Após serem tratados no Software Excel, os dados do processo foram inseridos na ferramenta Input Analyzer do software Arena para a obtenção das distribuições estatísticas que melhor se aplicam ao modelo e as expressões necessárias para a construção do mesmo. A tabela abaixo apresenta os dados e as expressões utilizadas no modelo lógico:

Tabela 2: Dados Utilizados para Simulação no Software Arena

Servidores	Nome do Bloco	Tipo de Bloco	Numero de Servidores	Distribuição de Probabilidade	Expressão/Valor	Unidade de Tempo
-	Chegada	Create	-	Exponencial	2.59 + EXPO(0.0487)	Minutos
Mesa de Preparação	Aguardando transporte	Hold	-	-	1	-
Operador	Start do processo	Create	1	Triangular	TRIA(3, 9, 15)	Minutos
Operador	Processo de Carregamento para o Bundle	Process	1	Normal	NORM(4.32, 0.603)	Minutos
-	Tubo Caiu?	Decide	-	-	6.25%	-
Manutenção	Retirada dos Tubos	Delay	1	Triangular	TRIA(5, 10, 15)	Minutos
-	Final do Transporte 1	Signal	-	-	1	-
-	Final do Transporte 2	Signal	-	-	1	-
Local	Sucata	Dispose	1	-	-	-
Local	Disposição no Pátio	Dispose	1	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores

Uma vez inseridas todas as variáveis e os dados referentes aos custos na modelagem que representa o cenário real, o modelo foi executado varias vezes e após o término da última execução foi gerado o relatório contendo os resultados da simulação.

4.6 Análise de Resultados

A Tabela 3 apresenta os resultados da simulação do cenário real reproduzido no Software Arena. Foram feitas 6 replicações, considerando o tempo de 16 horas, que corresponde ao número de horas trabalhadas em dois turnos, e 16 dias.

Tabela 3: Resultados do Cenário Real

PARÂMETROS		
Número de Replicações		6
Duração da Replicação		16h
Tempo de Simulação		16 dias
ENTIDADE		
VARIÁVEIS		TUBO
TF	dias	2,45
M	unid	1
TS	dias	2,46
ENTRADA	pçs	5823
WIP	pçs	1346
SAÍDA	pçs	3125
WC	min	1175,45
TC	min	65,18
PROCESSO		
		TRANSPORTE PARA O BUNDLE
TF	dias	0
TS	min	4,32
TCPE	min	65,18
ATT	dias	9,37
FILA		
TF	dias	2,45
NF	pçs	1345
RECURSO		
CR	unid	1
Taxa de Ocupação do Servidor	%	87,88%
Custo de Ocupação	min	11712,97
Custo Ocioso	min	465,43

Fonte: Elaborado pelos autores

Em que:

- ATT = Tempo de transferência acumulado
- CR = Capacidade do Recurso
- M = Número de Servidores
- NF = Tamanho da Fila
- TC = Custo de Transferência
- TCPE = Custo de Transferência por entidade (tubo)
- TF = Tempo médio na Fila
- TS = Tempo Total no Sistema
- WC = Custo de Espera
- WIP = Trabalho em Desenvolvimento

A partir dos resultados demonstrados na Tabela 3, destacam-se as variáveis SAÍDA, NF e WC que caracterizam a quantidade de tubos transportados, a presença de gargalo e o custo de espera de cada peça no sistema.

Comparando-se os dados de ENTRADA e SAÍDA, verifica-se que o sistema não está balanceado e que somente 53,66% das peças que entraram no processo foram processadas.

Em NF observa-se que existe um número de peças muito grande aguardando para serem processadas, o que caracteriza a formação de filas. Apuraram-se ainda, em TS, que o tempo que a entidade permanece no sistema é 2,46 dias.

O tempo de espera (TF) na fila é alto. Isso comprova que apesar do tempo de retirada do tubo ser relativamente baixo, os atrasos causados pelas quedas das peças geram prejuízos para o processo produtivo, pois o custo de espera (WC) é alto.

Observa-se que o Custo Ocioso e o Custo de Ocupação do recurso são altos e justificáveis, por se tratar de um produto de alto valor agregado.

Foi verificado que a taxa de ocupação do servidor (operador) está alta e utiliza quase 90% da capacidade do recurso, demonstrando uma ociosidade de apenas 10%. Isto significa que há instabilidade no processo, pois uma taxa de ocupação razoável seria em torno de 70%. Logo, o número de servidor deve ser aumentado para diluir a quantidade de peças processadas e, conseqüentemente, reduzir o percentual de ocupação do servidor.

A partir das observações descritas acima, os parâmetros do modelo lógico criado foram alterados para simular um cenário ideal, aumentando o valor de M (número de servidores) e o valor de CR (capacidade do recurso) a fim de aumentar o número de peças processadas, reduzir os custos gerados, o tamanho da fila e o tempo total da entidade no sistema, tornando-o mais estável. A Tabela 4 apresenta os resultados do cenário ideal simulado:

Tabela 4: Resultados do Cenário Ideal

PARÂMETROS		
Número de Replicações		06
Duração da Replicação		16h
Tempo de Simulação		16 dias
ENTIDADE		
VARIÁVEIS		TUBO
TF	dias	0.00268
M	unid	02
TS	dias	0.00568
ENTRADA	pçs	5823
WIP	pçs	444
SAÍDA	pçs	4895
WC	min	1.28
TC	min	65.18
PROCESSO		
TRANSPORTE PARA O BUNDLE		
TF	dias	1.09
TS	min	5.41
TCPE	min	65.18
ATT	dias	14.7
FILA		
TF	dias	0.00148
NF	pçs	442
RECURSO		
CR	unid	02
Taxa de Ocupação	%	68,96
Custo de Ocupação	min	18379.86
Custo Ocioso	min	2384.18

Fonte: Elaborado pelos autores

A Tabela 4 demonstra em seus resultados mudanças significativas no processo de transferência dos tubos. Nesse novo cenário, com a implementação de mais um recurso (operador e ponte rolante), nota-se o aumento expressivo no escoamento de peças para o pátio (Saída), redução do tempo do tempo médio na fila (TF) e alteração nos custos do processo, tais como: (WC), (TC), (TCPE), Custo de Ocupação e Custo Ocioso. A seguir serão explanadas as variáveis deste novo cenário, demonstrando as melhorias mais significativas.

Verifica-se em TF, que o tempo de espera das peças na fila reduziu aproximadamente 99,89%, o que corresponde ao aumento de 900 peças no atendimento, comparado ao cenário real. Isso foi possível pelo fato da taxa de ocupação do servidor reduzir de 87,88% para 68,96% com a implantação de um novo recurso, servidor.

A saída do processo de transporte apresentou um aumento aproximado de 30% das peças processadas em relação ao processo real, que representa cerca de 1770 peças.

O tempo total no sistema da entidade (TS) reduziu 99,77%, de 2.46 dias para 0.00568 dias mostrando que o tempo de atendimento do cenário ideal, atende e aperfeiçoa o processo estudado.

Comparando-se os custos gerados na movimentação e transporte da ponte rolante apresentados nas tabelas 3 e 4, observa-se que o custo de espera (WC) das entidades reduziu numa proporção de 99,89%, comprovando a eficiência do processo no cenário ideal simulado, no qual o número de peças na fila (NF) reduziu cerca 70%, de 1345 peças para 442.

Entretanto, nota-se que o custo ocupação do recurso aumentou 56,92%, passando de 11712,97 minutos para 18379,86 minutos, justificado pela redução do tempo de atendimento das peças no sistema. Observa-se ainda que o custo ocioso aumentou exorbitantemente devido a redução da taxa de ocupação dos servidores de 87,88% para 68,96% por recurso.

A tabela 5 apresenta o resultado de comparação das principais variáveis destacadas entre os dois cenários observados:

Tabela 5: Comparação do Cenário Real com o Cenário Ideal

CENÁRIO REAL PARÂMETROS			CENÁRIO IDEAL PARÂMETROS		
Número de Replicações		6	Número de Replicações		6
Duração da Replicação		16h	Duração da Replicação		16h
Tempo de Simulação		16 dias	Tempo de Simulação		16 dias
ENTIDADE			ENTIDADE		
VARIÁVEIS		TUBO	VARIÁVEIS		TUBO
TF	dias	2,45	TF	dias	0.00268
M	unid	1	M	unid	2
TS	dias	2,46	TS	dias	0.00568
ENTRADA	pçs	5823	ENTRADA	pçs	5823
SAÍDA	pçs	3125	SAÍDA	pçs	4895
TC	min	1175,45	TC	min	1.28
PROCESSO			PROCESSO		
TRANSPORTE PARA O BUNDLE			TRANSPORTE PARA O BUNDLE		
TS	min	4,32	TS	min	5.41
TCPE	min	65,18	TCPE	min	65.18
ATT	dias	9,37	ATT	dias	14.7
FILA			FILA		
TF	dias	2,45	TF	dias	0.00148
NF	pçs	1345,11	NF	pçs	442
RECURSO			RECURSO		
CR	unid	1	CR	unid	2
Taxa de ocupação	%	87,88%	Taxa de ocupação	%	68,96
Custo de Ocupação	min	11712,97	Custo de Ocupação	min	18379.86
Custo Ocioso	min	465,43	Custo Ocioso	min	2384.18

Fonte: Elaborado pelos autores

Confrontando os valores do cenário real com o cenário ideal, é possível perceber que aumentando a capacidade do recurso aumenta-se o número de peças processadas, reduz o número de peças na fila, o tempo da entidade no sistema e o custo de espera. Comparando os dados apresentados na Tabela 5, extraídos dos relatórios dos cenários real e ideal disponibilizados pelo software Arena, observa-se que os gargalos existentes e o valor monetário estimado dos custos gerados pelos atrasos durante o transporte das peças para o pátio, sofreram alterações. Comparando os dados de entrada e saída do cenário real, podemos concluir que o setor não está balanceado.

5 Conclusão

No contexto do mercado, mudanças têm ocorrido de maneira constante. Isso tem feito com que as empresas adotem novas estratégias com a finalidade de melhor atender o processo produtivo e, consequentemente, seus clientes. Diante das várias ferramentas de simulação de sistemas disponíveis no mercado para auxiliar as empresas nas tomadas de decisões e melhoria de desempenho, o software Arena se mostrou de grande valia, por esse motivo essa ferramenta foi escolhida para o desenvolvimento deste estudo.

O setor atual da empresa estudada tem apresentado grandes problemas. O primeiro deles se trata das quedas dos tubos durante o processo de movimentação e transporte por ponte rolante eletromagnética. O segundo é a formação de gargalos no sistema, que implica em custos de espera e atrasos no transporte, trazendo grandes prejuízos para a empresa. A simulação permitiu identificar estes problemas no processo e propor melhorias na solução.

Devido às dificuldades mencionadas no modelo conceitual quanto a coletas de dados, o macro fluxo conceitual teve que ser simplificado considerando a entrada do processo na etapa da mesa de preparação. Os resultados das primeiras simulações mostraram aderentes ao que se observa no setor estudado, confirmado com os dados coletados em campo durante a análise.

Após as comparações de cenários ideal e real, concluiu-se que o estudo cumpriu os objetivos propostos. Aplicando-se os conceitos de simulação de sistemas foi possível demonstrar que as alterações sugeridas para criação do cenário ideal proporcionou um aumento expressivo no número de peças transportadas para o pátio, redução do tamanho da fila, redução do tempo de espera na fila, redução do custo de espera e por fim, redução na taxa de ocupação do sistema, confirmando que a empresa pode se tornar mais produtiva.

Conclui-se também que mesmo o custo inicial de implantação de um novo recurso ser alto, vale a pena o investimento. Por se tratar de produtos de alto valor agregado espera-se que o tempo de retorno de investimento seja médio, pois com o aumento expressivo de transporte de peças para o pátio a empresa conseguirá atender seus clientes em tempo hábil, mantendo-se competitiva no mercado.

Após a análise e comparação dos dois modelos (atual e proposto) percebeu-se que há relevante redução de custos logo no primeiro mês após implantação do modelo proposto, que se mantém com projeção favorável ao longo do tempo. Também foi verificado aumento na produtividade desde o primeiro mês com tendência favorável ao longo do tempo.

No entanto, mesmo diante dos dados obtidos, sugere-se que trabalhos futuros sejam realizados de maneira a atender as limitações presenciada nesta pesquisa, fundamentando os procedimentos para a melhoria do uso desta ferramenta.

Referências

- ALMEIDA, Maria Aparecida Fernandes. **Pesquisa operacional**: notas de aulas. In: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Instituto Politécnico – IPUC, Curso de Engenharia de Produção, Aulas de Simulação de Sistemas, junho, 2009, Belo Horizonte.
- ANDREUZZA, M. G. S. B. Planejamento Estratégico. **Revista SAGRES – Política e Gestão Estratégica Aplicadas**. 2012.
- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Física**. V.1. São Paulo: Editora Scipione, 2009.
- ARENA BASIC. **User's Guide**. Publication Arenab-Um001.Rockwell Automation, 2014.
- BOUZADA, M. A. C. Simulação versus métodos analíticos: uma ferramenta didática na forma de discussão teórica. **REA - Revista Eletrônica de Administração**. [Online] v.12, n.1, Ed. 22, p.84-95, 2013.
- BREMER, C. F.; LENZA, R. P. Um modelo de referência para gestão da produção em sistemas de produção *assemblytoorder* – ATO e suas múltiplas aplicações. **Revista Gestão e Produção**. v.7, n.3, p.269-282, 2000.
- CILIANA, R. C.; CRISTINA, S. B.; HAROLDO, C. V. F.; VICTOR, M. A. S. **A formação socioambiental do engenheiro de produção nas instituições públicas de ensino do nordeste brasileiro**. Cobenge. Belém, p.1-12, 2012.
- CORRÊA, H. L.. **Planejamento, programação e controle de produção**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001. 39 p.
- COSTA, E. F. **Diretrizes para a elaboração de um manual para planejamento e controle da produção de empresas de pequeno e médio porte**. Juiz de Fora, UFJF, p.1-55, 2010.
- CRUZ, F. R. B. **Modelagem de operações e entradas básicas – Simulação de Sistemas**. Belo Horizonte, UFMG, 2016.
- FERNANDES, A. C. M. **Simulação de linha de produção usando a plataforma ARENA**. Instituto Politécnico de Bragança, p.1-73, 2012.
- FRANÇA, S. V. S. **Implementação de ferramentas de *Lean Manufacturing* e *Lean Office***. Dissertação de Mestrado. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, p.1-82, 2013.
- FREIRE, J. E.; COAN, R. M.; MALAGOLLI, G. A.; CUNHA, F. Sistemas integrados de gestão aplicados no planejamento e controle da produção. **Revista Interface Tecnológica**. V.10, n.1, p.45-54, 2013.
- FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em Arena**. 2ed. Florianópolis: Editora Visual Books, 2008.
- GIMENES, R. M. T.; BERNARD, R. R. S. **A utilização das técnicas de simulação empresarial associada a construção e aplicação de sistemas de informações gerenciais e de apoio às decisões no ensino da contabilidade gerencial**. Cruzando Fronteras: Tendências

de Contabilidaddirectiva para El siglo XXI. II Congreso de La AsociacionEspañola de contabilidaddirectiva. 2007.

KREMER, C. D.; KOVALESKI, J. L. **Planejamento e controle dos processos de fabricação metalúrgicos auxiliado pelo gráfico de Gantt: um estudo de caso.** XXVI ENEGEP. Fortaleza: 2006. Acessado em 20 de Abril de 2018. Disponível em: <<http://www.cramif.fr/pdf/th4/.pdf>>.

PEREIRA, N. E. S.; MEZA, E. B. M.; TAMMELA, I. **Modelagem e simulação dos processos de atendimento ao público num órgão público municipal visando a melhoria do serviço: um estudo de caso na Prefeitura Municipal de Macaé.** X SEGET, p.1-16, 2013.

ROVERI, E. A. M. **A simulação no ensino da gestão da produção.** Dissertação de Mestrado. São Carlos, p.1-138, 2004.

QUEIRÓS, R. P. F. **Revisão do Plano de Controlo Interno do Laboratório de Microbiologia.** Aveiro: 2012.

SANTOS, C. M. S.; ARAÚJO, N. M. C.; VILLAR, A. M.; MONTENEGRO, S. **Planejamento e controle da produção em construtoras de edificações verticais na grande João Pessoa.** XV SIMPEP. 2008.

SCHAFRANSKI, L. E. TUBINO, D. F. **Simulação empresarial em gestão de produção.** Desenvolvendo um laboratório de planejamento e controle da produção através de jogos empresariais. 1 ed. São Paulo: Editora Atlas, p.1-152, 2013.

TEIXEIRA NETO, G. **Planejamento da capacidade de produção, empregando simulação computacional e teoria das restrições.** Dissertação de Mestrado do Programa de Engenharia de Produção e Sistemas. Goiânia, PUC, p.1-116, 2015.

YIN, R. K. **Estudo de caso – planejamento e métodos.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

SINOKO CRANES. **Ponte Rolante.** 2018. Acessado em 10 de Novembro de 2018. Disponível em: <<http://m.gantrycranesupplier.com/crane-parts/magnet-for-crane/bar-pipe-handling-lifting-magnet-for-bridge.html>>.