



LEAN THINKING E SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS: ANÁLISE DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE FORNOS ELÉTRICOS

Daiane Aparecida dos Reis (UNIVÁS)
daianeaparecida1995@hotmail.com

Wivian Dara de Lima Franco (UNIVÁS)
wiviandara@gmail.com

Flávio Fraga Vilela (UNIFEI)
flavaofraga@unifei.edu.br

José Arnaldo Barra Montevechi (UNIFEI)
montevechi@unifei.edu.br

A utilização da Modelagem e Simulação a Eventos Discretos (SED) vem assumindo um papel fundamental nas empresas e indústrias em geral, auxiliando na compreensão e detecção de problemas por muitas vezes não vistos, mostrando o processo de modo simplificado e amplo. O Lean Thinking busca gerenciar o desenvolvimento de processos, para que seja possível realizar mais, com menos.

Neste contexto, o objetivo do presente artigo é aplicar a Modelagem e Simulação a Eventos Discretos em associação com Lean Thinking, e fazer uma análise das atividades não agregadoras de valor dos operadores de uma linha de montagem de fornos. O método utilizado na presente pesquisa foi o estudo de caso em uma abordagem de natureza aplicada. Após a utilização da SED, foi possível constatar um desperdício significativo, de acordo com as métricas do Lean Thinking e um valor percentual de 60,82% para as atividades não agregadoras de valor por operador foi evidenciado. Por fim, ações de mitigação devem ser aplicadas às atividades não agregadoras de valor para que a linha de montagem consiga trabalhar de forma mais eficaz.

Palavras-chave: Modelagem e Simulação a Eventos Discretos, Lean Thinking, Linha de Montagem de Fornos Elétricos.

1. Introdução

Com a intensa globalização, a busca por competitividade pelas indústrias e serviços está cada vez maior, exigindo delas novas alternativas para manter essa competitividade, como a utilização de ferramentas de análise de operações como a Simulação a Eventos Discretos (SED). Essa ferramenta é de grande eficácia, pois em um projeto de SED, vários ganhos são constatados, como a redução dos custos de desenvolvimento e a previsão do comportamento dos sistemas em operação, devido à simulação ser virtual e controlável (BLOOMFIELD ET AL., 2012).

De acordo com Harrell et al. (2000) a ferramenta de simulação computacional usada em sistemas de manufatura, caracteriza um fator importante de planejamento gerencial. A simulação pode ser empregada para a análise de métodos, implantação de *layouts*, análise do impacto na variação do tamanho do lote de fabricação, controle da produção, controle do estoque em processo, planejamento da cadeia de suprimentos, programação da produção, previsão de gastos, avaliação de cenários e várias outras situações. Logo, o objetivo da presente pesquisa será utilizar a modelagem e Simulação a Eventos Discretos em associação aos conceitos do *Lean Thinking* e analisar a ociosidade dos operadores em uma linha de montagem. O objeto de estudo refere-se ao processo produtivo de fornos elétricos de uma indústria alimentícia. O método a ser utilizado no desenvolvimento deste trabalho é o estudo de caso, que de acordo com Magda (2007), é geralmente organizado em torno de um pequeno número de questões que se referem ao como e porquê da investigação. Na construção do modelo computacional, foi utilizado o *software* Flexsim®, sendo este, uma importante ferramenta de modelagem e simulação, sendo utilizado nas áreas de projetos e aperfeiçoamento de armazéns, logística e otimização de linhas de produção (CHEN ET AL., 2013). Por fim, ações de mitigação devem ser aplicadas aos desperdícios e às atividades não agregadoras de valor para que a linha de montagem consiga trabalhar com uma maior eficiência e agilidade.

2. Referencial teórico

2.1. Simulação a Eventos Discretos (SED)

A SED é a obtenção da resposta temporal das variáveis de interesse (variáveis dependentes) de um modelo, quando as variáveis de entrada são alteradas com sinais desejados e se definem os valores das condições iniciais das variáveis dependentes (GARCIA, 2005).

Para Chung (2004), a modelagem e simulação é o processo de criar e experimentar um sistema físico através de um modelo matemático computadorizado. A modelagem e simulação é uma ferramenta que pode ser utilizada para gerar cenários e a partir deles, conduzir análises de sistemas, orientar o processo de tomada de decisões e propor soluções para melhorar o desempenho.

A Simulação a Eventos Discretos permite a possibilidade de se trabalhar com a antecipação dos fatos, ou seja, a criação de cenários para saber como o sistema de produção responderá com dada alteração (KELLNER ET AL., 1999). A simulação computacional fornece à administração da operação, segundo Fitzsimmons & Fitzsimmons (2010), um laboratório experimental, que possibilita o estudo do modelo de um sistema real, determinando como esse sistema pode reagir às mudanças de níveis de recursos ou às variações na demanda de clientes. O autor Siebers (2006) destaca que a simulação é geralmente reconhecida como um auxílio valioso para a tomada de decisões estratégicas e táticas, que são requeridas no estágio de avaliação dos projetos dos sistemas de manufatura. Por fim, segundo afirmam os autores Vilela et al. (2019), a simulação computacional permite uma variação de parâmetros diversos para verificação de gargalos e desperdícios. Bressan (2002) afirma que as principais vantagens associadas à simulação são destacadas na possibilidade de estimar o desempenho de sistemas reais; planejar os elementos estocásticos dos sistemas reais; controlar as condições sobre um sistema simulado, o que na maioria dos casos seria impossível para um experimento em um sistema real; e manipular o estudo do sistema durante longos períodos de tempo simulado.

Portanto, a simulação é uma ferramenta que permite prever como um sistema se comporta, de acordo com o *input* dos dados e suas ideias iniciais, possibilitando a análise de cenários, sendo este hipotético ou real (CHWIF, MEDINA, 2014).

2.2. Etapas de um projeto de SED

2.2.1. Concepção (Modelagem conceitual – IDEF-SIM)

Para Pinho et al. (2009) quando o analista desenvolve o problema em sua mente o modelo conceitual ainda é abstrato, portanto, existe a necessidade de utilizar uma técnica de representação para que as ideias possam ser alinhadas, para que outras pessoas possam entender de forma mais clara possível o que está sendo proposto e ainda para torná-lo o mais fiel possível da realidade. Foi com este intuito que Leal, Almeida e Montevechi (2008), propuseram a técnica

IDEF-SIM (Integrated Definition Methods – Simulation), esta técnica tem como foco a simulação de sistemas, porém é altamente aplicável em projetos de melhoria em geral.

Para Maciel (2016), a principal característica do IDEF-SIM é a identidade da sua lógica de aplicação com a lógica utilizada em simulação a eventos discretos. Esta característica tem como objetivo criar um modelo conceitual do processo a ser simulado que contenha elementos requeridos na fase de modelagem computacional.

O IDEF-SIM facilita a visualização do processo, para que posteriormente seja realizado o modelo computacional. Assim sendo, para desenvolvimento desse trabalho foi montado primeiramente o modelo conceitual IDEF-SIM e posteriormente o modelo computacional.

2.2.2. Implementação (Modelo computacional)

O Flexsim® é um *software* comercial de modelagem e simulação de sistemas, desenvolvido pela *FlexSim Software Production*, que combina imagens de computador tridimensional, simulação de sistemas discretos, inteligência e tecnologia de processamento como um todo (LINWEI; LI, 2012). O *software* Flexsim® modela dados de entrada, realiza experimentos de simulação para otimizar o sistema, o que auxilia a identificar os gargalos e recursos ociosos (QINGTIAN, 2014; ZHU ET AL., 2014).

Para Ladier e Alpan (2016), o modelo de simulação é construído para representar o funcionamento normal de acordo com um determinado horário, e inclui regras de decisão que ajudam a lidar com as operações em caso de rupturas.

É importante frisar que a validação e verificação do modelo computacional são realizadas na etapa de construção do modelo computacional. Neste caso, o objetivo de validar o modelo é o mesmo de responder à seguinte pergunta: “será que está se desenvolvendo o modelo correto?”, ou mesmo “será que as considerações feitas, o nível de detalhe, o escopo do modelo, representarão de forma adequada o sistema a ser simulado”?

2.2.3. Análise

Nesta última etapa do projeto de SED o modelo computacional validado, chamado agora de modelo operacional, estará preparado para receber diversos experimentos. No trabalho proposto por Montevechi et al. (2010), esta etapa é realizada por meio de um projeto de experimentos, que são testes conduzidos de forma planejada, no qual os fatores são alterados de modo a avaliar-se seu impacto sobre uma dada resposta. O experimento poderá ser definido como um teste, no qual, mudanças propostas são aplicadas em variáveis de entrada de um processo, para

assim, observar e identificar mudanças ocorridas em variáveis de saída. Tendo terminado as etapas de verificação e validação, o modelo de simulação torna-se operacional, vindo a ser uma fonte poderosa de experimentos estatísticos utilizados no processo de análise do comportamento do sistema. Desta forma, realizam-se diferentes experimentos de simulação com o modelo criado, experimentos estes gerados a partir de questões “o que ocorre se...” (CHWIF; MEDINA, 2006). Os mesmos autores ainda alertam que, como as entradas da simulação são processos aleatórios, as saídas também serão aleatórias, não sendo assim indicado tirar conclusões com uma única réplica da simulação. Ao se definir cada cenário, o profissional da área de simulação deverá ter em mente quais variáveis de entrada deverão ser modificadas e ainda quais variáveis de saída serão analisadas.

2.3. Lean Thinking

De acordo com Santos e Lima (2012), o *Lean Thinking* é uma filosofia de trabalho aplicada a gestão de processos que busca a melhor forma de gerenciar e organizar o desenvolvimento de produtos, a cadeia de fornecedores, os relacionamentos empresa-cliente e as operações de produção, no qual se é possível fazer mais com menos (custo, processos, esforços, equipamentos, tempo e espaço) e, também aproximar-se cada vez mais da possibilidade de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam.

Hines e Taylor (2000) apresentam cinco princípios fundamentais que norteiam o *Lean Thinking*: criar valor para o cliente; mapear o fluxo de valor; criar fluxo contínuo; promover a produção puxada; buscar a perfeição. Estes princípios são utilizados para eliminar os desperdícios e minimizar perdas, na busca por atingir ou mesmo superar as expectativas dos clientes, gerando produtos a um menor custo e sem prejuízo da qualidade.

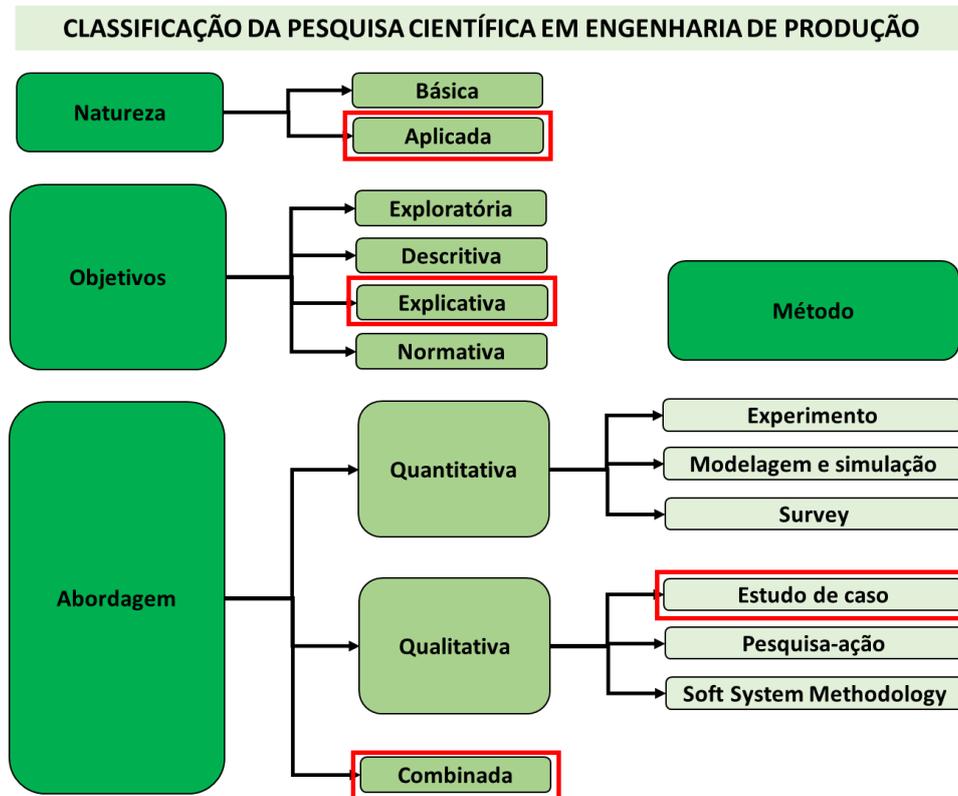
3. Método de pesquisa

3.1. Tipo da Metodologia usada

O trabalho é de natureza aplicada, pois possui objetivos comerciais por meio do desenvolvimento de novos processos ou produtos, orientados pelas necessidades do mercado (APPOLINÁRIO, 2006). Apresenta cunho explicativo, uma vez que aprofunda o conhecimento do cenário real e explica o “porquê” das coisas (TURRIONI; MELLO, 2012) por meio de uma abordagem qualitativa baseada em um estudo de caso.

A Figura 1, a seguir, demonstra a classificação utilizada no presente artigo:

Figura 1 – Classificação de Pesquisa Científica em Engenharia de Produção



Fonte: Adaptado de Turrioni; Mello (2012)

Portanto, o objetivo da presente pesquisa é de caráter explicativo, onde foi investigado por meio de pesquisas empíricas que compreende um método abrangente de estudo dos fenômenos e suas causas e efeitos., sendo sua abordagem classificada como do tipo combinada, entrelaçando os resultados qualitativos e quantitativos. Por fim, conforme mencionado anteriormente, a pesquisa é do tipo estudo de caso. Para Antonio Carlos (2002), o estudo de caso é uma modalidade de pesquisa amplamente utilizada nas ciências biomédicas e sociais. Consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

4. Aplicação do método

4.1. Objeto de estudo

A empresa escolhida para o estudo apresenta um crescimento gradativo e constante nos últimos anos, levando em consideração seu tempo de atuação no seguimento, e traz inovações e tecnologias para fornecer um produto competitivo e contemporâneo.

O objeto de estudo está direcionado à uma linha de montagem de fornos industriais do segmento alimentício. A empresa escolhida para o presente trabalho é, portanto, uma indústria do ramo alimentício, que tem a produção de fornos combinados de diversos modelos, trazendo ao mercado uma grande variedade e qualidade dos seus produtos.

4.2. Concepção

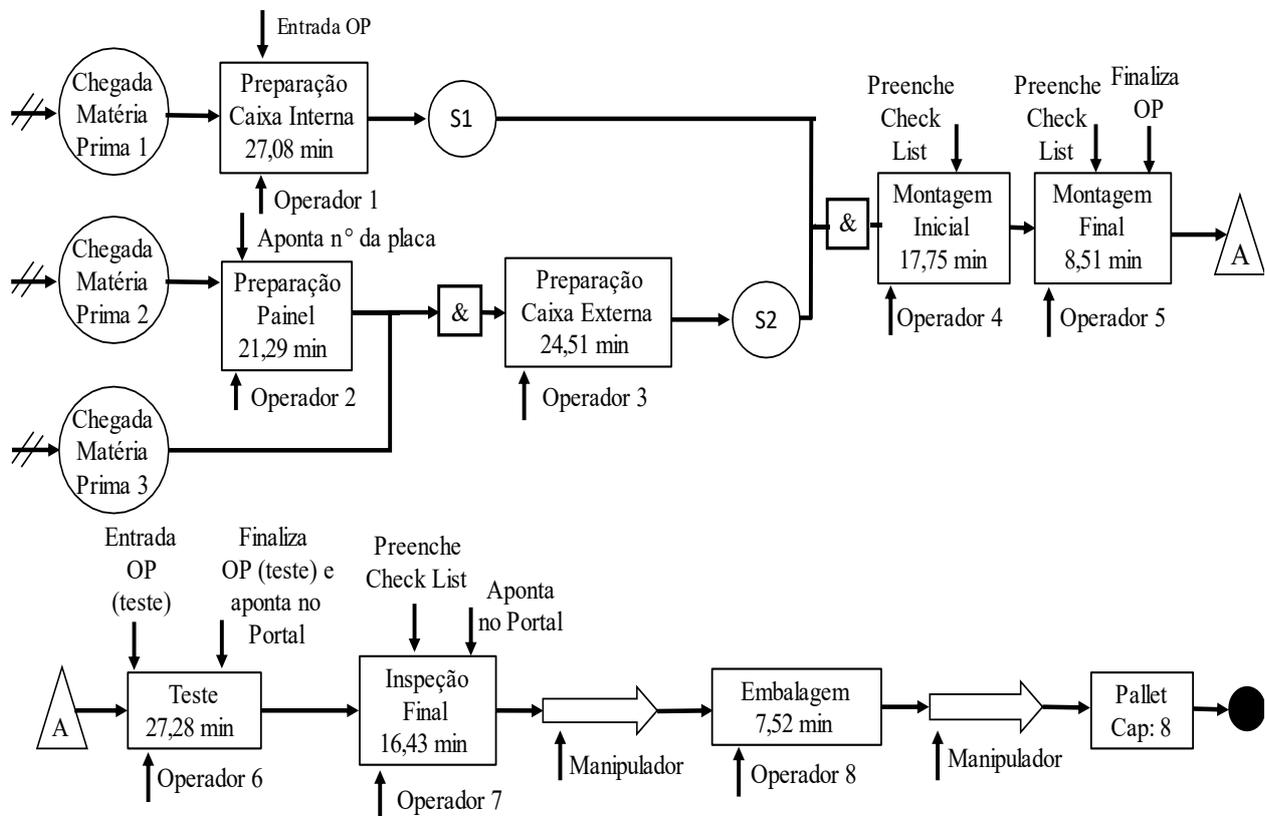
4.2.1. Construção do modelo conceitual

Uma vez definidos os objetivos e o sistema a ser simulado, o próximo passo é a construção do modelo conceitual do sistema. De acordo com Sakurada e Miyake (2009), a formulação do modelo conceitual compreende o levantamento de suposições sobre os componentes e a estrutura do sistema (inclusive as interações entre os componentes) e as hipóteses sobre os parâmetros e variáveis envolvidas. Todas as informações consideradas no modelo conceitual serão utilizadas na etapa posterior, auxiliando na construção do modelo computacional do sistema a ser simulado.

Através da técnica IDEF-SIM torna-se possível gerar um modelo conceitual de forma precisa e ágil. Consequentemente, o tempo necessário ao desenvolvimento do modelo computacional diminui significativamente (LEAL, ET AL., 2008).

De acordo com a Figura 2, o processo inicia com a chegada de matérias primas para os postos de preparação da caixa interna, preparação do painel e preparação da caixa externa. Após a chegada de matéria-prima no posto de preparação da caixa interna, é realizada a entrada da ordem de produção (OP), feita a preparação da caixa interna, o bimetálico e o sensor de câmara são colocados, aplica-se silicone nas junções da caixa, fixa-se o tubo de injeção de água e a máscara é encaixada na caixa interna.

Figura 2 – IDEF-SIM da linha de montagem de fornos



Fonte: Os próprios autores

Enquanto isso, na preparação do painel é realizada a submontagem da gaiola, a preparação da caixa externa e então sua montagem. Após a montagem do painel, ele é enviado ao posto de preparação da caixa externa, onde é realizada a montagem do motor, a preparação da base, da máscara, do fechamento traseiro e da porta (retirada do pvc, colocação da mola vai e vem da bucha nylon e perfil) e a finalização da porta (rebatível, suporte vertical e puxador). Então esse subconjunto é enviado ao posto de montagem inicial, juntamente com o subconjunto da preparação da caixa interna, no posto de montagem inicial é realizado o isolamento do forno, o encaixe da base na caixa interna, o preenchimento da lista de rastreabilidade (montagem mecânica) e o perfil. Então o processo segue para o posto de montagem final, onde é realizado o encaixe do painel e do borne na placa, feita a ligação do sensor da câmara e do bimetálico, da resistência e do motor, fixa-se a válvula de injeção, o fechamento traseiro, a válvula e o sono alarme no fechamento traseiro e é feita a ligação, por fim a lista de rastreabilidade (montagem final) é preenchida e é realizado a baixa na OP (montagem). Seguindo, para o posto de teste onde é feita a passagem do cabo de alimentação pelo prensa cabo, onde o cabo de alimentação

é preso no trilho, os bornes são colocados e é feita a ligação da alimentação, aplica-se silicone transparente no painel e retira-se o excesso, a fixação da turbina e resistência são verificadas, as dobradiças são fixadas, a parte interna do forno é limpa, se da entrada na OP (teste), a gaiola é colocada, verifica-se as rebarbas, a trava da porta é fixada, a porta é encaixada nas dobradiças, realiza-se o teste de tração nos cabos, após, o forno é ligado e os botões, o forno e o vapor são testados, o fio de alimentação é enrolado e prendido com 2 abraçadeiras e é realizada a baixa na OP e anota-se erro de teste, caso necessário.

Partindo então para a inspeção final, neste posto é realizada a fixação da caixa externa, cola-se os adesivos de superfície quente, as rebarbas são verificadas e todas as superfícies internas e externas do forno são limpas, coloca-se um kit de assadeiras e manual dentro do forno, verifica-se se a prensa cabo foi rosqueada, um adesivo de inspeção é preenchido e colado no forno, então o forno é limpo e a lista de rastreabilidade é preenchida. Por fim, o forno segue para a embalagem, onde ele é envolvido em plástico, o forno é suspenso pelo manipulador para que seja verificado a fixação dos pés e então o forno é colocado sobre a caixa de papelão, onde são preparadas e colocadas as proteções laterais e superiores do forno, a caixa de papelão é fechada com fita adesiva, são colocados adesivos de identificação nas laterais da caixa, e por fim elas são empilhadas no pallet e é feito o apontamento de inspeção final.

4.2.2. Coleta dos dados de entrada

De acordo com Chwif e Medina (2006), a coleta de dados é de extrema importância, pois nesta fase uma amostra é retirada da população de interesse, utilizada para representar a população no estudo estatístico. O objetivo, portanto, desta etapa é garantir que a amostra obtida seja a mais representativa possível do fenômeno. Ela se inicia com a escolha adequada das variáveis de entrada do sistema a ser simulado, tomando-se o cuidado para diferenciar quais são dados de entrada (fornecidos ao modelo) e quais são os dados de saída (obtidos do modelo).

Foi realizada para o presente estudo a coleta de algumas amostras do tempo levado em cada etapa dos postos do processo, feito o tratamento dos dados, chegando a uma média de tempo por posto, como mostra a Tabela 1.

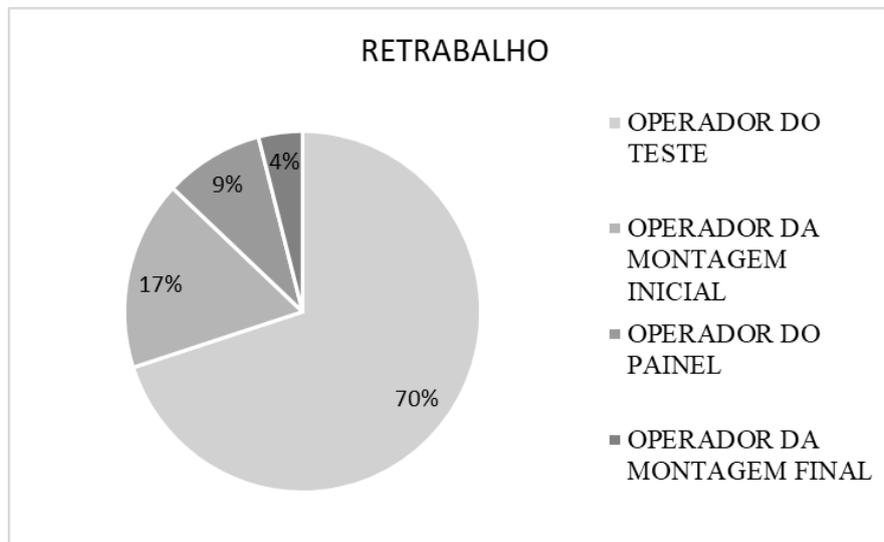
Tabela 1 – Tempo médio da linha de montagem por posto

Posto	Média de tempo (min)
Caixa interna	27,08
Painel	21,29
Caixa externa	24,51
Montagem inicial	17,75
Montagem final	8,51
Teste	27,28
Inspeção	16,43
Embalagem	7,52

Fonte: Os próprios autores

No posto de teste, também, são realizados os retrabalhos, o operador do posto onde foi feito o defeito se dirige ao posto de teste para então realizar o retrabalho, sendo que 6% dos produtos passam por algum tipo de retrabalho. De acordo com o indicador de defeitos de teste de 2020, essa porcentagem está dividida entre os operadores dos postos citados, conforme o Figura 3.

Figura 3 – Percentual de retrabalho por operação



Fonte: Os próprios autores

No período de maio a junho de 2020, foram gastas 5h28min de retrabalho, sendo uma média de 9,65min por equipamento não conforme. A Tabela 2, mostra o tempo gasto no retrabalho por operador, diariamente.

Tabela 2 – Estimativa de tempo de retrabalho por operação/dia

Operador	Tempo em minutos
Operador do Teste	5,7
Operador da Montagem Inicial	1,4
Operador do Pannel	0,7
Operador da Montagem Final	0,3

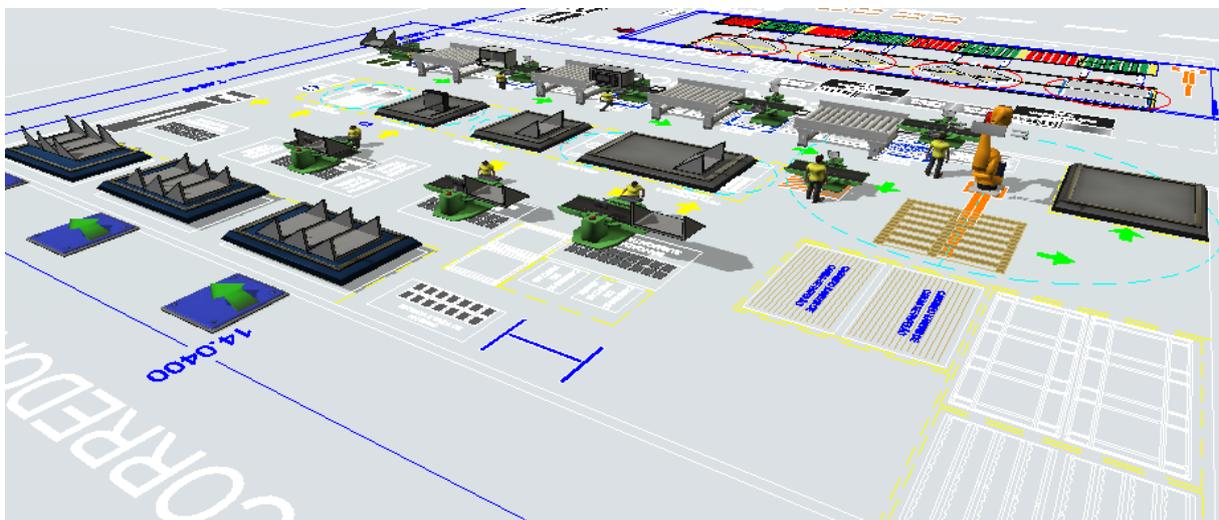
Fonte: Os próprios autores

4.3. Implementação

4.3.1. Construção do modelo computacional

Com base na construção do modelo conceitual, realizada por meio da técnica IDEF-SIM, e dos dados de entrada apresentados na Tabela 1, foi utilizado o *software* FlexSim® para a construção do modelo computacional. Para o presente estudo, foi realizada a simulação de um dia de trabalho, gerando um total de 9 horas e 48 minutos, com paradas para o almoço de uma hora, para o lanche de dez minutos duas vezes ao dia, para limpeza de oito minutos ao final do turno e para retrabalho 9,65 minutos por dia. As taxas de chegada de matéria-prima são de 18 peças no total, sendo seis em cada carrinho, para depois serem distribuídas pelos três postos de preparação, toda a matéria-prima chega no início do turno. Outro recurso utilizado foi a *Time Table*, usada para modelar as todas as paradas do sistema. A Figura 4 apresenta uma visão completa do modelo computacional.

Figura 4 – Modelo computacional da linha de fornos



Fonte: Os próprios autores

4.3.2. Validação do modelo computacional

Na validação foi confrontado os resultados (quantidade produzida de fornos) reais da produção com os resultados obtidos pela simulação computacional feita no Flexsim® e observado se o fluxo da linha representava o mesmo do modelo computacional, por meio do Teste de Turing (CHWIF E MEDINA, 2006), neste método o especialista do processo analisa os resultados da simulação e os resultados reais. Logo, na validação do presente modelo computacional, o especialista não soube diferenciar os dados simulados dos dados reais e, portanto, o modelo foi validado.

5. Análise dos resultados

Os primeiros resultados são referentes a saída de produto acabado, conforme a Figura 5, são 18 fornos ao final do turno.

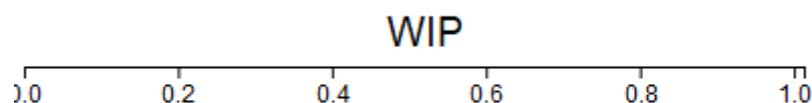
Figura 5 – Gráfico da saída de produto acabado proveniente do *dashboard* do FlexSim®



Fonte: Os próprios autores

O resultado do WIP (*work-in-process*) da Figura 6, é igual a zero, isso porque a linha de produção funciona seguindo as premissas do *Lean Thinking*. Portanto, o WIP = “0”, corrobora as supracitadas premissas, dentre as quais é possível citar o método da produção puxada, desta forma, de fato, não existe a formação de estoques intermediários.

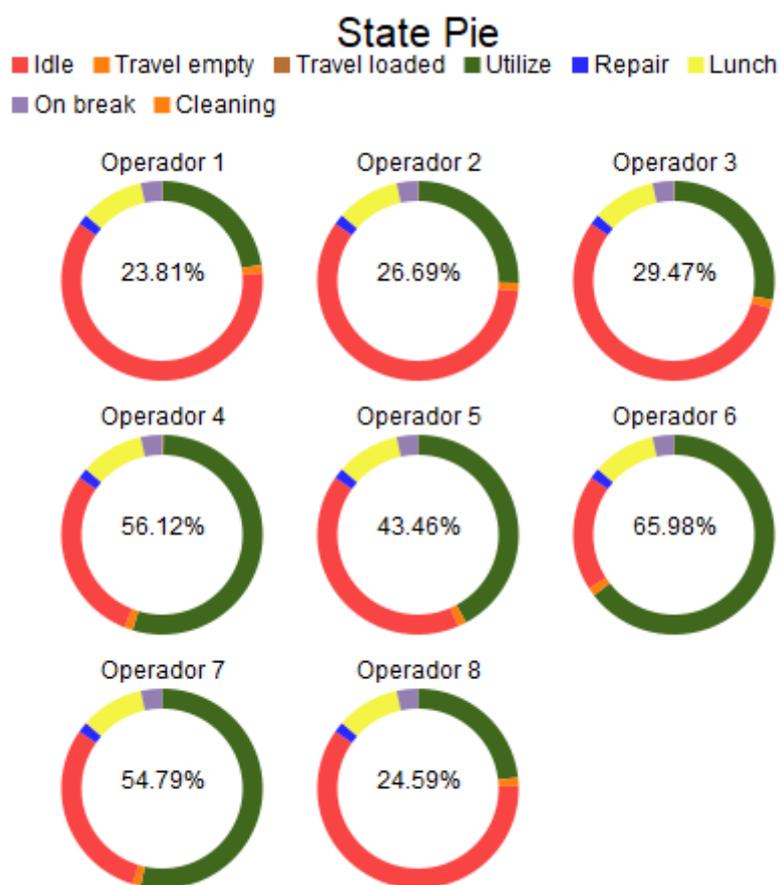
Figura 6 – Gráfico de WIP proveniente do *dashboard* do FlexSim®



Fonte: Os próprios autores

A Figura 7 mostra o estado de uso dos recursos humanos e evidencia alguns desperdícios significativos percebidos e identificados por meio das métricas utilizadas no *Lean Thinking*. Em média, podemos constatar que os operadores ficam 39,18% em utilização, 44,08% em estado de ociosidade, 1,7% em retrabalho, 3,41% em estado de *on-break* devido à alguma interrupção não programada da linha de montagem e 1,36% em limpeza da estação de trabalho.

Figura 7 – Gráficos *State Pie* dos operadores, proveniente do *dashboard* do FlexSim®



Fonte: Os próprios autores

Classificando estes resultados obtidos por meio do *State Pie*, dentro da perspectiva do *Lean Thinking*, chega-se à Tabela 3:

Tabela 3 – Tabela das médias das métricas

Média (%)	Valor	Métrica do Lean Thinking
Utilização	39,18	Agrega Valor
Ociosidade	44,08	Não Agregação Valor
On-break	3,41	Não Agregação Valor
Retrabalho	1,7	Não Agregação Valor
Limpeza	1,36	Não Agregação Valor

Fonte: Os próprios autores

Portanto, o valor percentual total das atividades não agregadoras de valor chega ao valor médio de 60,82% por operador. Este fato, serve de alerta para que medidas apontadas de intervenção sejam pensadas no curto prazo.

Por fim, vale ressaltar que esta perspectiva apresentada anteriormente só foi possível, pois a SED foi corretamente associada ao *Lean Thinking*.

6. Conclusão

Após a utilização da SED, foi possível constatar um grande desperdício de acordo com as métricas do *Lean Thinking* e um valor percentual de 60,82% para as atividades não agregadoras de valor por operador, foi evidenciado após análise dos resultados do modelo computacional concebido neste presente trabalho. Portanto, o objetivo apresentado na presente pesquisa foi satisfatoriamente alcançado, pois a SED foi aplicada em associação ao *Lean Thinking* de forma assertiva e o método aplicado foi de fundamental importância para uma execução coerente e coesa desta pesquisa. Por fim, ações de mitigação devem ser aplicadas aos desperdícios e às atividades não agregadoras de valor para que a linha de montagem consiga trabalhar com uma maior eficiência e agilidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da FAPEMIG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS

APPOLINÁRIO, F. Metodologia da ciência – filosofia e prática da pesquisa. São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning, 2006.

BLOOMFIELD, R.; MAZHARI, E.; HAWKINS, J.; SON, Y.J.. Interoperability of manufacturing applications using the Core Manufacturing Simulation Data (CMSD) standard information model. *Computers & Industrial Engineering*, v. 62, n. 4, p. 1065-1079, 2012.

BRESSAN, G. Modelagem e Simulação de Sistemas Computacionais. LARC, PCS/EPUSP, 2002.

CHEN, L., HU, D.; XU, T. (2013). **Highway freight terminal facilities allocation based on Flexsim. Procedia – Social and Behavioral Sciences**. Vol. 96, p.368-381.

CHUNG, C. A. (2004). **Simulation modeling handbook: a practical approach. Florida: CRC Press**.

CHWIF, L.; MEDINA, A.C. Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações. São Paulo: Ed. dos Autores, 2006.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. 4ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2014.

FITZSIMMONS, James A. & FITZSIMMONS, Mona J. Administração de Serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação. 6. Ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2010.

GARCIA, C. (2005). **Modelagem e Simulação de Processos Industriais e de Sistemas Eletromecânicos Vol. 1**, p.20.

GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

HARREL, C. R.; GHOSH, B. K. & BOWDEN, R. Simulation using ProModel®. New York: McGraw-Hill, 2000.

HINES, P.; TAYLOR, D., Going Lean. A guide to implementation. Lean Enterprise Research Center, Cardiff, UK, 2000.

KELLNER, M. I.; MADACHY, R. J. & RAFFO, D. M. Software process simulation modeling: Why? What? How? *Journal of Systems and Software*, Vol. 46, n. 2/3, p. 91-105, 1999.

LADIER, A-L.; ALPAN, G. (2016). Robust cross-dock scheduling with time Windows. *Computers & Industrial Engineering*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2016.07.003>

LEAL, Fabiano; ALMEIDA, DA de; MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de elementos do IDEF. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, v. 40, p. 2503-2514, 2008.

LINWEI, X.; LI, Z. X. (2012). Simulation and Optimization of Logistics Collaborative Operation Based on Flexsim. *Mechanical Engineering and Technology*. Vol. 125, pp 543-457.

MACIEL, Lucio Flore. Aplicação da simulação a eventos discretos no balanceamento de linha de montagem. 2016.

MONTEVECHI, J.A.B.; LEAL, F.; PINHO, A.F. ; COSTA, R.F.S.; OLIVEIRA, M.L.M. de; SILVA, A.L.F. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. Winter simulation conference. Baltimore, USA, 2010.

PINHO, A.F.; LEAL, F.; MONTEVECHI, J.A.B.; COSTA, R.F.S. Utilização de Lego® para o ensino dos conceitos sobre simulação computacional a eventos discretos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais... Salvador – BA, 2009.

QINGTIAN, H. (2014). **Research on Simulation of Modern Storage System with Flexsim. Advanced Materials Research. Vols. 989-994**, pp 1477-1480.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D.I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. *Gestão da Produção, São Carlos*, v. 16, n. 1, p. 25-43, 2009.

SANTOS, E. F.; LIMA, C. A. C.. DMAICR in an ergonomic risks analysis. *Work (Reading, MA)*, v. 41, p. 1632-1638, 2012.

SIEBERS, P. O. Worker Performance Modeling in Manufacturing Systems Simulation, In: RENNARD, J. P. (Ed.). *Handbook of Research on Nature. Inspired Computing for Economy and Management*. Pennsylvania: Idea Group Publishing, 2006.

TURRIONE, J. B., MELLO, C. H. P. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. Itajubá, Minas Gerais, 2012

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007.

VILELA, F. F.; SEGISMONDI, L. C. ; PIEDADE, D. D. C. ; MONTEVECHI, J. A. B. . Utilização da simulação a eventos discretos no setor da lavanderia de um hospital regional. In: XXVI SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (SIMPEP), 2019, Bauru-SP.

ZHU, X.; ZHANG, R.; CHU, Z.; HE, Z.; LI, J. (2014). **A Flexsim-based optimization for the operation process of cold-chain logistics distribution centre**. Journal of Applied Research and Technology, 12:270-278.