

A CONTRIBUIÇÃO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS NA GESTÃO DA PRODUÇÃO E OPERAÇÕES DA INDÚSTRIA BRASILEIRA

Alisson de Queiroz Machado

alisson.machado5@fatecitapetininga.edu.br

Me. Flávia Morini Garcia

flavia.garcia@fatecitapetininga.edu.br

Fatec Itapetininga

RESUMO: Com o avanço crescente da tecnologia e da Indústria 4.0, tornaram-se disponíveis inúmeros *softwares* capazes de simular e resolver problemas complexos na indústria, auxiliando gestores a tomarem decisões. A simulação de eventos discretos é uma área que permite prever acontecimentos dentro de um processo fabril, podendo ser aplicada em diferentes contextos. Seus resultados possibilitam a otimização, o balanceamento, o planejamento e o controle dos recursos e ganhos financeiros expressivos. Nas indústrias brasileiras, a necessidade de otimizar, planejar e controlar os recursos é cada vez maior. Nesta circunstância, este trabalho abordou a importância da simulação no auxílio à tomada de decisão no ambiente industrial, bem como os problemas e as aplicações dela nos últimos seis anos, por meio de uma revisão da literatura nos anais dos dois principais congressos de Engenharia de Produção do país, o Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) e o Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP). As aplicações da simulação abordadas neste trabalho incluíram otimizações de problemas relacionados a processos, reposicionamento do *layout*, mapeamento da capacidade produtiva, identificação de gargalos, auxílio em novos investimentos, redução de custos e de estoques e maximização dos lucros. Em outras palavras, são assuntos presentes no dia a dia dos gestores e possuem grande aplicabilidade.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Otimização. Produtividade.

THE CONTRIBUTION OF DISCRETE EVENT SIMULATION IN THE MANAGEMENT OF

PRODUCTION AND OPERATIONS IN THE BRAZILIAN INDUSTRY

ABSTRACT: With the increasing advancement of technology and Industry 4.0, numerous software capable of simulating and solving complex problems in industry have become available, assisting managers in taking decisions. Discrete event simulation is an area that allows predicting events within a manufacturing process and can be applied in different contexts. Its results enable optimization, balancing, planning, and control of resources and significant financial gains. In Brazilian industries, the need to optimize, plan, and control resources is increasing. In this circumstance, this work addressed the importance of simulation in assisting decision-making in the industrial environment, as well as the problems and applications of simulation in the last six years, through a literature review in the annals of the two main Production Engineering congresses in the country, the National Meeting of Production Engineering (ENEGEP) and the Production Engineering Symposium (SIMPEP). The simulation applications addressed in this work included optimizations of problems related to processes, layout repositioning, mapping of production capacity, bottleneck identification, assistance in new investments, cost and inventory reduction, and profit maximization. In other words, these are issues present in the daily lives of managers and have great applicability.

Keywords: Industry 4.0. Optimization. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Corrêa e Corrêa (2017), os processos de produção constituem sistemas empregados para gerar um produto com valor agregado, sem descuidar dos objetivos estabelecidos pela organização. Tais sistemas podem resultar na produção de bens físicos, na prestação de serviços ou na conjugação simultânea de ambos.

Muitas empresas, frequentemente, utilizam a simulação da produção com o objetivo de aprimorar a produtividade e a qualidade dos produtos. O gerenciamento de um sistema de produção baseia-se em previsões e ações. Com a simulação, é possível realizar comparações sistemáticas dos resultados a curto e longo prazo, além de testar prontamente alternativas de ação para determinar os efeitos no desempenho do sistema (LIMA *et al.*, 2016).

Levando em consideração a realidade das empresas, onde uma tomada de decisão pode acarretar vários impactos dentro da empresa, aumenta a necessidade das indústrias em tomar decisões mais precisas e rápidas no que diz respeito aos ajustes e melhorias dos seus sistemas de produção. Esse trabalho busca responder a seguinte pergunta: de que maneira a simulação computacional tem auxiliado as indústrias brasileiras para adquirir e organizar o conhecimento necessário para a tomada das decisões?

Neste contexto, o trabalho visa analisar as aplicações da simulação como um fator de competitividade na indústria brasileira nos

últimos seis anos, ou seja, apresenta como ela pode ser aplicada em sistemas produtivos, tornando os processos mais eficientes e confiáveis para elevar a qualidade dos produtos e serviços.

2 METODOLOGIA

Este estudo foi realizado através de pesquisa bibliográfica de materiais já publicados, com maior foco em artigos científicos, livros, teses e dissertações disponíveis. Para isso, foram utilizadas bases de dados como Scielo, Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), Periódicos da Capes, Google Acadêmico, Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP), Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), além de livros impressos.

A fim de atingir o objetivo proposto foram realizadas pesquisas utilizando as seguintes palavras em língua portuguesa e suas combinações: Indústria 4.0, Simulação da Produção e *softwares* de Simulação e suas aplicações apresentadas para evidenciar o contexto da simulação na Indústria 4.0 e sua contribuição, além de perspectivas futuras.

O critério para a seleção dos materiais utilizados neste estudo foi de sua publicação de 2017 até 2022. A análise e a síntese dos dados extraídos foram realizadas de modo descritivo, a fim de reunir o conhecimento produzido sobre o tema deste estudo.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 INDÚSTRIA 4.0

Com os avanços da tecnologia digital, a Quarta Revolução Industrial está se tornando cada vez mais sofisticada e integrada, transformando a economia e a sociedade ao permitir um mundo em que os sistemas virtuais e físicos de produção cooperem para flexibilizar e personalizar os processos de criação de novos produtos. Essa revolução não diz respeito apenas a sistemas inteligentes e conectados, mas também ao desenvolvimento simultâneo de diversas áreas, tornando possível a integração de tecnologias diferentes e a interação entre o mundo biológico, físico e digital (SCHWAB, 2016).

De acordo com Sacomano *et al.* (2018), a rede de agências para projetos de pesquisas avançadas *Advanced Research Projects Agency Network* (ARPANET) foi desenvolvida a partir dos anos 1960 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos com o objetivo de criar a primeira rede de operações de computadores para a comunicação e troca de informações. Com o tempo, outras redes foram desenvolvidas, formando o que conhecemos hoje como a *internet*. Além disso, houve um grande desenvolvimento de novas tecnologias e equipamentos eletrônicos que permitiram maior flexibilidade nas operações de manufatura.

Com a crescente ascensão dos países asiáticos no bloco mundial industrial e com o objetivo de recuperar o valor agregado da indústria no mercado global, o governo alemão elaborou estratégias para o desenvolvimento de significativas tecnologias, surgindo assim o

termo Indústria 4.0. Foram elaborados os principais fatores para difundir a inovação e a tecnologia do país, estabelecendo-se que a Alemanha deveria ser a referência mundial em soluções de ciência e tecnologia (FIRJAN, 2016).

3.2 SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO

A utilização de métodos científicos ocorre em situações complexas, facilitando o processo de tomada de decisões, desenvolvimento de projetos, planejamento e operações que exigem alocação eficiente de recursos limitados (ARENALES, 2015).

A simulação computacional consiste em usar fórmulas e equações matemáticas operadas por computadores para representar um processo ou operação de um sistema do mundo real (LIMA *et al.*, 2016).

De acordo com Chwif e Medina (2010), os modelos de simulação são usados para obter respostas para situações que envolvem mudanças nas variáveis, como a adição de máquinas aos processos, redução do número de colaboradores ou aumento da demanda. A simulação é útil para analisar diversas variáveis que envolvem um sistema, especialmente quando se trata de sistemas mais complexos com eventos aleatórios que não podem ser tratados por técnicas analíticas convencionais, mas que podem ser estudados e previstos por meio de simulação.

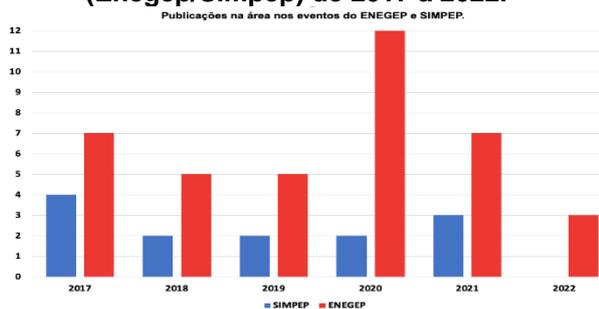
Em geral, a simulação é mais econômica e segura do que testar um sistema como um todo. Entretanto, como desvantagem, a simulação computacional depende

diretamente da versão do modelo desenvolvido, sendo necessário que o cenário represente com precisão o sistema. A técnica de simulação não é independente, pois testa apenas as alternativas fornecidas pelo usuário, que deve fornecer os dados necessários. Vários autores demonstraram a aplicabilidade da simulação computacional na reformulação de projetos de *layout* (ASSUNPÇÃO; LACOBS, 2019).

3.3 APLICAÇÕES DA SIMULAÇÃO

Nos últimos seis anos, foi possível analisar uma quantidade maior de publicações no ENEGEP, em comparação com o SIMPEP. Todos os artigos verificados estão diretamente relacionados à área de Gestão da Produção, aplicados em diferentes segmentos da indústria. Ao todo, foram 39 publicações no ENEGEP e 13 publicações no SIMPEP, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Quantitativo de publicações (Enegep/Simpep) de 2017 a 2022.

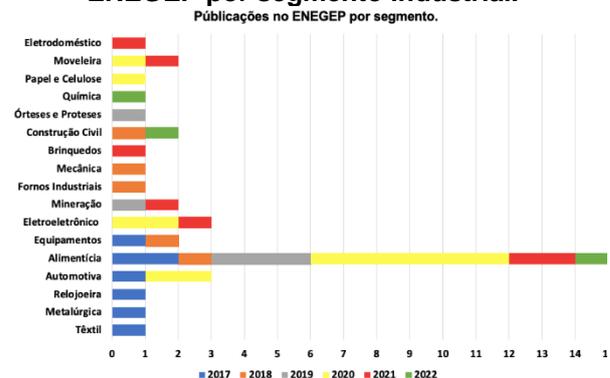


Fonte: Elaboração própria (2023).

Por meio da análise quantitativa de publicações nos Anais do ENEGEP e do SIMPEP, foi realizada uma investigação com o objetivo de identificar o segmento industrial de cada estudo aplicado à simulação nos dois

eventos no período de análise. No que se refere às publicações do ENEGEP, observou-se que o segmento da indústria alimentícia apresentou o maior número de publicações, com um total de 15 trabalhos. Em seguida, os segmentos da indústria eletroeletrônica e automotiva apresentaram maior quantidade de publicações no período, conforme indicado na Figura 2.

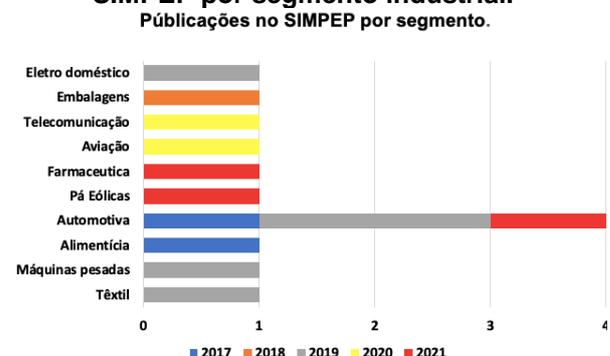
Figura 2 – Quantitativo de publicações no ENEGEP por segmento industrial.



Fonte: Elaboração própria (2023).

No que se refere ao número de publicações no SIMPEP, os setores com maior número de publicações são os da indústria automotiva, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Quantitativo de publicações no SIMPEP por segmento industrial.



Fonte: Elaboração própria (2023).

Em um estudo de caso realizado em uma indústria fabricante de bolas esportivas,

utilizou-se a simulação de eventos discretos por meio do *software* FlexSim, juntamente com o *software* Minitab, para aumentar a produção. O primeiro passo foi coletar informações sobre a fábrica, tais como maquinário, *layout*, quantidade de funcionários, capacidade e demanda, e inseri-las no *software* para realizar a simulação. Em seguida, foram propostos dois cenários de mudanças no arranjo físico, contratação de funcionários e reparo de maquinário. O resultado foi positivo em ambos os cenários, com aumento de produção em até 200% (MARTINS *et al.*, 2021).

Outro estudo foi realizado em uma indústria de confecções, com foco em identificar gargalos no processo produtivo e simular um novo cenário para sugerir melhorias. Utilizou-se o *software* FlexSim para simular o processo, identificar os gargalos e propor um novo cenário para aumentar a eficiência das máquinas e reduzir o tempo ocioso dos processos (CORSI *et al.*, 2017).

Em ambos os trabalhos, nota-se que o *software* utilizado foi o mesmo, tendo como objetivo o aumento da produção, identificação dos gargalos e o aumento da eficiência das máquinas.

Em uma simulação do processo produtivo de relógios, foram analisados os processos de cinco estações de trabalho por meio do *software* ProModel. Através da simulação, foi possível identificar o gargalo do processo. Após as análises, sugeriu-se que duas estações de trabalho operassem simultaneamente, pois quando trabalham em conjunto, maximizam a capacidade produtiva do processo (SILVA *et al.*, 2017).

Em uma empresa do setor de carnes suínas, foi realizado um estudo de caso com o objetivo de otimizar processos por meio de simulações via rede de Petri. Foi possível, por meio do estudo, otimizar o processo, resultando em ganhos como o mapeamento de processos e análises de problemas vigentes, que auxiliaram o gestor em processos de mudanças. Além das melhorias, foi possível encontrar gargalos e mão de obra mal aproveitadas. Ao final, sugeriu-se uma mudança na linha de produção por meio da simulação, que trouxe como benefício o aumento da eficiência em 16,8% e agregou valor visual ao produto (VENÂNCIO *et al.*, 2020).

A simulação computacional foi aplicada em uma indústria de montagem de motores de combustão. O estudo buscou, por meio da cronoanálise, coletar os dados reais da linha de montagem. Diversos problemas foram encontrados na fábrica, como o *layout*, transporte do material de um setor para o outro e organização das matérias-primas, fazendo com que os trabalhadores perdessem muito tempo procurando material e houvesse ociosidade no setor de montagem de motores. Com o *software* FlexSim, foram implantadas algumas mudanças no *layout*, na organização do estoque e no acerto das funções de montagem e a fábrica conseguiu aumentar a produtividade em 28%, (ROSÁRIO *et al.*, 2019).

Foi realizada a otimização de um processo em um *packing house* de mangas na cidade de Petrolina-PE. Para isso, coletou-se dados do processo e utilizou-se uma

ferramenta do *software* Arena para simular o processo de fabricação desde a sua chegada até a sua saída. Ao final do estudo, foi constatada uma lucratividade de R\$ 450,00 diários na produção (BARVOSA; MENDES; SOUZA, 2019).

Em uma empresa do ramo da construção civil, foi realizado um estudo de modelagem e simulação que buscou encontrar o dimensionamento da capacidade da empresa, identificar os gargalos do processo produtivo e propor melhorias através do *Lean Thinking* (pensamento enxuto). Após a realização do estudo, verificou-se que o setor de acabamento era o gargalo do processo. Para resolver o problema da demanda, foi sugerido o aumento da mão de obra, visto que todo o processo era manual (JUNIOR *et al.*, 2022).

Foi realizado um estudo em uma empresa, de sistema de produção *job shop*, com o objetivo de encontrar o melhor *layout* para o processo, devido à grande variedade de produtos. Para isso, utilizou-se o *software* Arena. Os *layouts* escolhidos para o estudo foram o funcional, célula e célula virtual. Após as primeiras simulações, constatou-se que o *layout* funcional teve um melhor desempenho, com um baixo tempo de espera nas filas. Já o celular apresentou boa eficiência em produtos mais elaborados, enquanto o celular virtual não obteve bons resultados (HAYASHI; SILVA, 2017).

Em uma indústria de compensados, realizou-se um estudo com o objetivo de reduzir gargalos no processo por meio de simulação computacional. Para isso, utilizaram-se os *softwares* ProModel e Minitab,

e, por meio de coletas de dados e simulações, quatro cenários foram apresentados. O melhor cenário para aplicação foi o cenário quatro, que apresentou um crescimento produtivo de 4,818%. A prensa era o gargalo da empresa devido ao grande tempo de operação e, nesse cenário, optou-se por aumentar ainda mais o número de prensas para que o processo fluísse melhor. Foram sugeridas algumas melhorias, como a pavimentação do barracão para melhor locomoção das empilhadeiras e mudanças no *layout* para facilitar a logística interna da empresa (POJO *et al.*, 2021).

Em uma indústria aeronáutica brasileira, foi utilizada uma ferramenta de simulação com o objetivo de otimizar o processo e aplicar ferramentas da produção enxuta, utilizando o *software* Tecnomatix TM. Por meio da coleta de dados do processo, foi possível mensurar os principais gargalos do processo. Foram propostos três cenários que foram simulados no *software*. O cenário A consistiu na duplicação da unidade de "limpeza por ultrassom", que era o gargalo do processo, e houve uma redução no tempo de ciclo. O cenário B consistiu na duplicação da célula "inspeção líquido penetrante", que seria o segundo gargalo do processo (ZANZARINI *et al.*, 2020).

Por fim, o cenário C foi a criação de estoques intermediários, pois um dos problemas do processo era que o produto era produzido, mas a célula subsequente ficava ociosa enquanto esperava a finalização do produto. O cenário C foi visto como a melhor opção de implantação na empresa, pois era uma alternativa de baixo custo para sua

implantação e teve um *takt time* (tempo necessário para suprir a demanda) de 62,83 minutos, o que resultou em uma diminuição de 61,45% em relação ao processo original (ZANZARINI *et al.*, 2021).

Em uma indústria de salgados, realizou-se um estudo de caso com o objetivo de conhecer o processo produtivo da empresa e propor melhorias que serviriam como base para o planejamento estratégico. A empresa pretendia aumentar a demanda com a abertura de mais uma loja, por isso foi realizado um estudo por meio de cronoanálise e simulações computacionais do processo produtivo com o *software* Arena. As simulações apontaram que a fábrica deveria diminuir o tempo de congelamento dos salgados em 60 minutos e adquirir mais uma máquina empanadeira. Também foi sugerida a mudança do *layout* para o formato em "U" (MONTALVÃO; OLIVEIRA, 2020).

Em uma indústria de órteses ortopédicas, realizou-se um estudo com o objetivo de melhorar o processo e encontrar possíveis gargalos. Para isso, utilizou-se o *software* Arena. A empresa não conseguia entregar sua demanda mensal, sempre tendo um déficit de 18% da demanda. Após o gargalo do processo ser encontrado, foi proposto um cenário com mudanças de alguns operadores de setor. Os resultados deste cenário foram uma diminuição do déficit da demanda em aproximadamente 40%. Ao final do trabalho o objetivo da equipe foi concluído com sucesso (JAHARA; LINS; HORA, 2019).

Realizou-se um estudo em uma indústria alimentícia localizada em Anápolis/GO. O

objetivo do estudo foi identificar os recursos de estrangulamento e ociosidade de duas linhas de produção e propor possíveis melhorias para o processo. Utilizou-se como ferramenta o *software* FlexSim. Após as análises e simulações, verificou-se que os gargalos eram mínimos. O modelo da fábrica foi ajustado no *software* e os resultados foram expressivos com um aumento representativo de 28,05% na produção diária (MORAIS *et al.*, 2017).

Em uma indústria de eletroeletrônicos, localizada em Manaus, foi realizado um estudo com o objetivo de melhorar o processo por meio da simulação computacional. Foi constatado um desequilíbrio nas atividades dos operadores e a simulação permitiu evidenciar as principais restrições do processo para operação em plena capacidade (BENASSULI; JÚNIOR, 2020).

Um estudo de caso foi realizado em uma empresa do setor alimentício com o objetivo de ajudar os gestores a decidir qual seria o melhor investimento em maquinário para a fábrica. O *software* Simio foi utilizado e os dados do processo foram coletados e analisados e foram gerados cenários. O melhor cenário, que aumentou a eficiência da fábrica foi o dois, no qual teria um investimento de R\$ 60.000,00 e um aumento de produção de 44,44%. Os demais cenários foram considerados inviáveis devido ao alto investimento e ao aumento considerável do custo de produção (LAMEL *et al.*, 2020).

É perceptível que as empresas onde os trabalhos foram realizados sofriam quase os mesmos problemas, gargalos e má eficiência de maquinários e mão de obra. Através da

simulação, estes problemas são encontrados ajudando as empresas a agirem para que eles sejam solucionados.

Em uma indústria de pão de queijo em Minas Gerais foi realizado um estudo para avaliar e padronizar o processo produtivo por meio da modelagem e simulação com redes de Petri. Após a coleta de dados e realização da simulação, foi notado que se a empresa automatizasse seu processo manual, teria um aumento significativo de 31,27% na produção (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Em uma indústria de fabricação de equipamentos e mobiliários foi realizado um estudo com o objetivo de melhorar o processo produtivo por meio da simulação. O *software* Flexsim foi utilizado como ferramenta de pesquisa e as informações do *layout* foram organizadas para possibilitar a estruturação e formulação do arranjo físico no *software*. Foi escolhido um novo arranjo físico, o tipo funcional. Por meio da coleta de dados dos processos e atividades, foram feitas mudanças e melhorias no novo layout, que acarretaram uma diminuição de 34% no tempo de produção (VOLPE; ALVES, 2018).

O *software* ProModel foi utilizado como ferramenta de pesquisa em um estudo realizado em uma indústria de fornos industriais. O objetivo do estudo era integrar simulação e produção enxuta para melhorar a produtividade em uma das linhas de produção da empresa. Após análise das simulações, constatou-se que o *lead time* médio do processo atual era de 326 minutos, enquanto o modelo futuro proposto seria de 223 minutos, o que representaria uma diminuição de 42,9%.

Os resultados permitiram observar que, ao estabelecer um sistema de fluxo contínuo na linha de produção, o fator de capacidade produtiva apresentou muitos ganhos (SOUZA *et al.*, 2018).

Outro estudo foi realizado em uma empresa do ramo da construção civil com o objetivo de analisar o impacto que variações na gestão de estoque e compras têm no tempo de entrega da etapa de produção. Para isso, foi utilizado um modelo de simulação de eventos discretos, utilizando o *software* ProModel. Três cenários foram gerados: no primeiro e no segundo cenário, os blocos de alvenaria seriam comprados a partir de uma ordem de compra, sendo que a diferença no cenário dois, é que seriam considerados o índice de perdas e a variabilidade da entrega; já no terceiro cenário, foi proposto que a entrada de material fosse feita com base em uma estimativa de produção. Após análise dos resultados, o cenário dois foi considerado o melhor, já que não deixou faltar material e a mão de obra não ficou ociosa (TONETTO *et al.*, 2018).

Um estudo de caso foi realizado em uma fábrica de flocos de batatas localizada em Minas Gerais. O objetivo principal do estudo foi simular a linha de envase de flocos desidratados de batatas e encontrar pontos de melhoria. Após a coleta de dados, percebeu-se que o índice de perda estava muito alto, chegando a 33%. Vários cenários foram criados e optou-se pelo aumento da mão de obra, o que poderia acarretar a redução do índice de perdas de 33% para 23% no

processo (ALVES; BENEDITO; GOMES, 2019).

Foi realizado um estudo em uma empresa mineradora localizada em Barcarena, no estado do Pará. O objetivo do estudo era fazer o mapeamento da modelagem e simulação de eventos discretos através do *software* Promodel. Após 20 replicações da simulação, concluiu-se que a mudança no processamento da área de manutenção e o aumento da capacidade da área de carregamento representariam uma melhor eficiência nos processos do sistema de carregamento (MENDES; RODRIGUES, 2021).

Um estudo foi realizado em uma indústria química localizada em Roseira, no estado de São Paulo. O objetivo principal do trabalho era conseguir simular no *software* o que acontecia na vida real. Através da cronoanálise, os dados do sistema produtivo foram coletados e transferidos para o *software* Arena. Após configurar o Arena, o relatório do processo mostrou as informações de acordo com as cronoanálises feitas na empresa (PINTO *et al.*, 2022).

Em uma montadora de caminhões, um estudo foi realizado com o auxílio do *software* Plant Simulation, tendo como objetivo identificar características que influenciassem no processo de transporte dentro do armazém. Para a simulação, foram considerados o *layout* do armazém, os tempos de produção da fábrica, a roteirização dos rebocadores e a configuração dos comboios que os rebocadores conduzem, todos cedidos pela empresa. Após as configurações e

modelagens, conseguiram validar o mundo real ao mundo computacional (DIAS *et al.*, 2021).

O *software* ProModel foi utilizado como ferramenta em um estudo em uma empresa de fabricação de lasanhas congeladas em Santa Catarina. O objetivo do estudo foi melhorar o desempenho das esteiras que transportam as lasanhas para seus processos. A empresa considerava duplicar as esteiras, mas a simulação mostrou que seria possível alcançar o objetivo de transportar 140 lasanhas por minuto sem investir em novas esteiras. As mudanças sugeridas foram implementadas e o objetivo do estudo foi alcançado, com uma economia de 98% para a empresa, que não precisou investir em novos equipamentos (FABRÍCIO *et al.*, 2020).

Um estudo foi realizado em uma indústria de produção de sacos de lixo, com o objetivo de ajudar os gestores a decidir em qual equipamento investir por meio de simulação computacional. Dados do processo e dos equipamentos foram coletados. Inicialmente, a compra de uma máquina de corte era considerada, mas a simulação indicou que não seria um investimento eficiente e que seria mais vantajoso adquirir um moinho que aumentaria a produção em 22% (KATAYAMA; COELHO; SEGUCHI, 2018).

Nos dois últimos artigos é possível verificar que os *softwares* de simulação auxiliam as empresas a decidirem se é necessário ou não o investimento em novos maquinários e qual é o mais vantajoso investimento a ser feito para aumentar a produção e a eficácia no chão de fábrica.

O objetivo de um estudo em uma indústria de processamento de vegetais foi o de reconfigurar o *layout* por meio de simulação computacional. A empresa tinha a meta de aumentar a demanda, mas a configuração atual não permitia isso. Dados sobre o sistema produtivo, quantidade de funcionários, demanda e capacidade foram coletados e validados. Em seguida, foram realizadas simulações, cujos resultados foram satisfatórios. No entanto, mesmo com a nova configuração, a meta ainda não pôde ser alcançada. Com o tempo, os trabalhadores se adaptaram à nova configuração, reduzindo o tempo de operações manuais (YAMATO *et al.*, 2017).

Em uma mineradora de agregados em São Paulo, um estudo foi realizado para aumentar a capacidade produtiva, levando em consideração as restrições dos processos por meio de simulação. O *software* Simio foi utilizado como ferramenta de pesquisa. Depois da validação do modelo, cinco cenários foram propostos, sendo que o quinto trouxe mais benefícios à empresa, com otimização da disponibilidade dos equipamentos e a introdução de uma nova máquina que aumentaria a produção em 90% em comparação ao cenário atual da empresa (SIMÕES; LEMOS; ASSIS, 2019).

Foi realizado um estudo em uma indústria moveleira com o objetivo de verificar o impacto que um novo equipamento traria para a empresa. Para tal, utilizou-se o *software* FlexSim como ferramenta. O primeiro passo foi modelar o modelo atual da fábrica no *software* e, após validação, foram gerados quatro novos

cenários com base nos projetos estratégicos da empresa. Após análise dos dados, observou-se que um dos cenários propostos apresentou um aumento de 7,2% na taxa de utilização dos equipamentos, uma redução de 10,9% do *lead time* e uma redução de 18,8% na quantidade de trabalhos em andamento (SLAVIERO; CHIWIACOWSKY, 2020).

Outro estudo foi realizado em uma indústria de eletrodomésticos localizada na cidade de São Carlos - SP, com o objetivo de buscar o melhor modelo de estoque para cada estação de trabalho e a melhor distribuição de operações. O *software* Plant Simulate foi utilizado como ferramenta de pesquisa. As simulações na empresa trouxeram grandes resultados, como a otimização anual de R\$ 360.000,00 com gastos operacionais e a redução de 15% de estoques, liberando mais área na empresa. Antes, o balanceamento da fábrica era feito por quinze funcionários, mas após a simulação computacional, a mesma análise pôde ser feita por uma pessoa (JUNIOR, 2019).

Em uma indústria automotiva, foi aplicada a simulação computacional para auxiliar na tomada de decisão no balanceamento de uma linha de montagem, tendo como cenário futuro a implementação de um novo produto. O *software* utilizado no estudo foi o ProModel. Após a coleta de dados e validação do modelo computacional, foram realizados três experimentos. O primeiro experimento teve como objetivo reduzir o *lead time* sem afetar a produção diária. No segundo experimento, foi analisada uma opção para o balanceamento de uma das linhas. Já o

terceiro e último experimento consistiu na combinação dos dois experimentos anteriores. Verificou-se que o terceiro experimento apresentou o melhor resultado, com uma redução de 15% do *lead time* e de um trabalhador na linha de montagem sem influenciar na produção diária (GOLENDZINER; LEMOS, 2020).

Foi realizado um estudo em uma indústria que produz sorvete localizada em Canas, São Paulo, com o objetivo de desenvolver propostas de melhoria na linha de produção de picolés. Utilizou-se o *software* Arena como ferramenta e, com base nas simulações, sugeriu-se um novo *layout*, resultando em aumento da produtividade do processo (ZANIN *et al.*, 2021).

Em outra fábrica do setor alimentício, realizou-se um estudo com o objetivo de mapear e identificar possíveis gargalos do processo. Utilizou-se o FlexSim para modelagem e simulações do processo. Constatou-se que o processo atual não era capaz de processar toda a matéria-prima ao fim da jornada de trabalho. Identificou-se que o problema estava no funcionário que, após terminar sua tarefa, não auxiliava em outro processo (FORNAZA; OLIVEIRA; BRITO, 2019).

Em uma indústria automotiva foi realizado um estudo com o objetivo de analisar uma linha de montagem de eixos. Foram feitas duas simulações: uma com a situação atual da empresa e outra com um cenário de melhoria. A partir do cenário de melhoria, verificou-se que seria possível reduzir a mão de obra sem

alterar a quantidade de eixos produzidos (FILHO; BACHEGA, 2017).

Outro estudo foi realizado em uma empresa do mesmo segmento, com o objetivo de avaliar a integração de duas ferramentas: a simulação computacional e o processo de hierarquia analítica. Observou-se de que forma as duas metodologias, quando trabalhadas em conjunto, auxiliavam no processo de decisão. Ao final do trabalho, percebeu-se que a simulação computacional oferece dados mais sólidos e o processo de hierarquia analítica é capaz de auxiliar na escolha de cenários antes ou após a simulação (SANTOS; SANTOS; LOURES, 2019).

O *software* Arena foi a ferramenta utilizada em um estudo em uma pizzaria industrial no interior do Rio de Janeiro. O objetivo era identificar o gargalo do processo. Após coletar dados do sistema de produção dos produtos, a modelagem e validação foram realizadas no *software*. As simulações revelaram que o gargalo do processo era o forno, que não conseguia atender à demanda. Os proprietários estavam pensando em contratar outro colaborador, mas o estudo mostrou que a compra de um novo forno era a melhor solução para o problema (MAGALHÃES; MAGALHÃES; OLIVEIRA, 2017).

Em uma indústria que produz repetidores de *Wi-Fi*, foi realizado um estudo com o objetivo de aumentar a produtividade do processo. O *software* Simul8 foi utilizado para a pesquisa. Após as simulações, percebeu-se que a empresa não estava operando de maneira satisfatória, pois parte do tempo de

produção era gasto no *setup*. Propôs-se balancear e melhorar a distribuição das atividades, o que permitiria à empresa replicar o processo em outras linhas de montagem. Isso resultaria em uma redução do tempo ocioso, do número de funcionários e um aumento na produção (SILVA *et al.*, 2020).

Um estudo de caso foi realizado em uma indústria de retrovisores, com o objetivo de projetar uma nova linha de montagem e prever a quantidade produzida por meio de simulação computacional. O *software* FlexSim foi utilizado para modelar o processo. Após as simulações, foram gerados quatro cenários e o cenário três mostrou-se o melhor, pois atingiu o *tack time* de 672 retrovisores, desejado pela empresa (PEREIRA *et al.*, 2020).

O *software* FlexSim também foi utilizado em um estudo em uma indústria farmacêutica, com o objetivo de reduzir desperdícios em uma das linhas de produção. Após as simulações no *software*, foi notado que havia muita mão de obra ociosa devido ao tempo de espera para iniciar o processo, o que afetava diretamente o custo da empresa. Ao final do estudo, foi estimado um prejuízo de R\$ 15.462,20 (BRAGA; CRUZ; MONTEVECHI, 2021).

Um outro estudo foi realizado em uma empresa que fabrica corrimãos, com o objetivo de analisar detalhadamente a eficiência do recurso de fabricação com base nas características da peça. Foi simulada uma peça que compõe o corrimão. Após as simulações, o cenário proposto resultou em uma redução do tempo de produção de 10,11% e uma redução de 11,39% no custo. Se fosse inserido um novo equipamento, o

tempo de produção seria reduzido em 31,75% e o custo teria uma redução de 35,08% (PONTES *et al.*, 2017).

Numa indústria de laticínios situada em Passos-MG, realizou-se um estudo de caso com o uso da simulação computacional, utilizando o *software* ProModel como ferramenta de análise. O objetivo foi identificar e aproveitar a capacidade produtiva do processo (MATTOS *et al.*, 2020).

Após as simulações, verificou-se que a indústria não estava operando com sua capacidade máxima de equipamentos e operadores. Sugeriu-se aumentar a quantidade de leite utilizado no processo de 100 para 160 litros, a fim de balancear a produção e utilizar a capacidade máxima dos recursos disponíveis. Com esse aumento, seria possível produzir mais 23 lotes de iogurte e 48 lotes de doce de leite, em comparação aos 20 lotes anteriormente produzidos (MATTOS *et al.*, 2020).

Em uma indústria de equipamentos, realizou-se um estudo com o objetivo de integrar as ferramentas de simulação a eventos discretos (DST) e de medição de tempo de métodos (MTM) para analisar melhorias em uma célula de montagem. Após a integração, observou-se que a simulação da montagem ficou mais eficiente e coerente com a realidade. As informações fornecidas pelo MTM foram usadas no DST. Concluiu-se que o uso das duas ferramentas em conjunto proporcionaria uma simulação mais aderente à realidade (MACHADO *et al.*, 2017).

Em uma indústria fabricante de cilindros hidráulicos no interior de São Paulo, realizou-

se um estudo com a simulação de eventos discretos como tema de trabalho. O objetivo era buscar melhorias no processo de manufatura. Após a coleta de dados, utilizou-se o *software* ProModel para simular o processo. Verificou-se que 32,6% da produção estava bloqueada por processos interdependentes que precisam ser revistos na prática (PATROCÍNIO; ASSIS; PAIXÃO, 2018).

Numa fábrica de cadernos, realizou-se um estudo de caso com o objetivo de propor um novo layout para o processo produtivo utilizando o *software* FlexSim. O *layout* escolhido foi o celular, que foi elaborado com técnicas de balanceamento. Após as simulações, comparou-se o novo *layout* proposto com o atual e verificou-se que o novo proporcionava um melhor aproveitamento da área produtiva, a redução de maquinário e mão de obra e a diminuição de perdas por transporte (ANDRADE *et al.*, 2020).

Numa padaria industrial localizada em Conselheiro Lafaiete - MG, realizou-se um estudo com o objetivo de expandir o negócio por meio de simulação computacional. Foi criado um modelo computacional usando o *software* Arena com o cenário atual da empresa, identificando o gargalo do processo, em que o trabalhador apresentava uma taxa de ocupação 30,4% maior do que o funcionário dois. Além disso, constatou-se que a maior taxa de utilização ocorria nas estações de trabalho de preparação do pão de maçã e misturador. Ao final do estudo, propôs-se que os funcionários um e dois realizem tarefas distintas, reduzindo a ocupação do funcionário

um em 47%, tornando o processo mais flexível e aumentando a produção (SANTOS; SOUZA; SOUZA, 2021).

Em uma pequena indústria têxtil em Apucarana-PR, foi realizado um estudo de caso com o objetivo de encontrar melhorias no setor produtivo por meio do *software* FlexSim. Os dados coletados foram obtidos a partir da cronometragem de quinze tempos de cada processo. Os gargalos foram identificados, sendo eles o tamanho das filas de espera para as peças serem confeccionadas (GÊNOVA; RODRIGUES; CIONEK, 2019).

Após identificar os problemas, foram propostas sugestões para que a empresa melhor seu processo produtivo, incluindo a melhoria do layout, adoção de limites de pedidos por semana, contratação de mais funcionários no setor de acabamento e estabelecimento de metas diárias (GÊNOVA; RODRIGUES; CIONEK, 2019).

Outro fator visto nos trabalhos acima é que a simulação computacional através dos *softwares* ajuda as empresas a encontrarem o melhor *layout* para os seus processos produtivos e auxilia também na questão logística dentro das fábricas, diminuindo assim os gargalos e a má eficiência dos maquinários e a mão de obra.

Numa empresa de laticínios, foi realizado um estudo com o objetivo de buscar melhorias para o setor produtivo por meio das redes de Petri. Após a coleta de dados, notou-se que o maquinário da empresa era muito antigo, o que fazia com que a produção não atingisse os níveis esperados. Após as simulações, a empresa foi recomendada a comprar um

maquinário de rotulagem que, segundo as simulações, trará uma otimização de 12% no processo (REIS; DARYANE; SOUZA, 2018).

Em uma empresa do setor automotivo, foi realizado um estudo de caso com o objetivo de identificar as perdas de carcaça no processo. A ferramenta utilizada no trabalho foi o *software* ProModel. Após a modelagem e validação dos dados no *software*, foram simuladas as melhorias sugeridas, o que trouxe grandes benefícios, incluindo a otimização do transporte de carcaças, redução do Working in Process (WIP) e aumento de peças entregues (VANIN *et al.*, 2017).

Foi realizado um estudo em uma indústria de transformadores no sul de Minas Gerais, com o objetivo de mapear o processo e propor possíveis melhorias através da técnica IDEF-SIM. Para modelagem e simulação, foi utilizado o *software* FlexSim. Após o mapeamento e validação do processo, foram simulados quatro macroprocessos da empresa, identificando um aumento na taxa de utilização das máquinas e um crescimento na produção de produtos gerados no processo. Foram sugeridas algumas alterações, incluindo a criação de um supermercado e um novo direcionamento nas bobinadeiras. Com essas mudanças, foi possível aumentar a taxa de ocupação dos maquinários e a produção de bobinas em 19% (FERREIRA; MIGUEL; BATISTA, 2021).

Em uma indústria de telecomunicações, um estudo de caso foi realizado com o objetivo de melhorar o desempenho operacional de um processo produtivo através da simulação computacional, seguindo as práticas da

produção enxuta. Após a coleta, foram realizadas modelagens e simulações usando o *software* Tecnomatix. Foram encontrados gargalos e pontos críticos e foram sugeridas melhorias para tornar o processo mais eficiente, incluindo a capacitação dos funcionários e a realização mais frequente de manutenções preventivas nas máquinas, já que elas estavam no final de sua vida útil (FIDANZA; ABBADE; OLIVEIRA, 2020).

Um estudo foi realizado em uma indústria de fornos, com o objetivo de analisar as atividades que não agregavam valor através da simulação de eventos discretos em associação ao *Lean Thinking*. Após a utilização da simulação pelo *software* FlexSim, foi possível constatar um desperdício significativo, com um valor de 60,82% de atividades não agregadoras por operador (REIS *et al.*, 2021).

Em um frigorífico localizado no interior do estado de São Paulo, um estudo foi realizado com o objetivo de mapear o processo produtivo e propor possíveis melhorias usando o *software* Anylogic. Após a modelagem e validação das simulações, foram sugeridas algumas mudanças no processo de desossa de bois, que resultaram em grandes benefícios, incluindo um aumento na produção de 8,8% nos cortes dianteiros e 11,47% nos cortes traseiros (BARRETTA; REIS, 2022).

Foi realizado um estudo em uma indústria que fabrica pás eólicas, com o objetivo de analisar o atual *layout* do processo da empresa e criar um com possíveis melhorias, e comparar os resultados caso houvesse um aumento na demanda. Como

ferramenta de pesquisa, foi utilizado o *software* Arena. Após as simulações, foi possível observar que o aumento da demanda traria grande impacto em alguns setores da empresa, especialmente nos setores de transporte. O *layout* proposto demonstrou ser mais eficiente em termos de utilização de transportadores, com reduções no tempo de transferência de materiais (NETO *et al.*, 2021).

Dos 52 estudos citados acima, em 36 pesquisas foram utilizados *softwares* comerciais para a simulação de eventos discretos, sendo que o FlexSim foi o mais utilizado com um total de 12 trabalhos, em seguida têm-se o Arena e o ProModel com um total de 8 trabalhos, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Quantitativo de softwares utilizados nas pesquisas.



Fonte: Elaboração própria (2023).

Há uma grande maioria na quantidade de uso dos softwares Flexsim, Arena e ProModel. Isto se dá pelo fato de eles serem os mais conhecidos e tradicionais na indústria brasileira.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo propiciou um conhecimento teórico abrangente sobre a simulação e sua interação com a Gestão da Produção Industrial. Foi identificado um total de 56 publicações recentes nos dois eventos mais importantes na área de Gestão da Produção Industrial: o Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) e o Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP).

Este estudo abarcou diversas publicações com a simulação como tema e contemplou variados problemas encontrados em diversas indústrias brasileiras. As soluções para esses problemas surgiram a partir da aplicação da simulação, por meio de técnicas e *softwares* que auxiliaram nos estudos, como o Arena, FlexSim, ProModel, Anylogic, Tecnomatix, entre outros.

As conclusões desses estudos resultaram em otimizações de processos, redução de custos e estoques, melhorias de layouts, maximização da produção, redução de gargalos e ociosidades, realocação de operações, auxílio logístico interno das fábricas, mapeamento de processos e maximização de lucros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. C.; MELO, K. S.; CUNHA, G. P.; ALBERTIN, M. R. Design de *Layout* e Análise Comparativa de uma Fábrica de Cadernos por Meio do *Software* Flexsim. Anais do XL Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em:< https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_344_1765_41325.pdf > Acesso em: 23 Março 2023.

ALVES, I. S.; BENEDITO, I. B.; GOMES, R. R. M. Análise Da Eficiência Operacional de Uma Empresa Processadora de Batata por Meio de Simulação da Produção. Anais do XXXIX Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_000_1648_38423.pdf> Acesso em: 20 Março 2023.

ARENALES, M. **Pesquisa Operacional**, 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2015.

ASSUNPÇÃO, L.E.; LACOBS, W. Estudo Comparativo entre Layouts Sob a Ótica da Teoria das Restrições Com Apoio de Simulação de Eventos Discretos em Empresa de Alimentos. **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v. 19, n. 1, p. 152-178, 2019. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/File/3147/1760>>. Acesso em: 30 Março 2023.

BARRETTA, F. M. S.; REIS, J. V. A. Simulação de Eventos Discretos para Estimar a Capacidade De Produção De Um Frigorífico. Anais do XLII Encontro Nacional De Engenharia De Produção, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2022. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WG_384_1900_43105.pdf> Acesso em: 24 Mar 2023.

BARVOSA, H. T.; MENDES, V. C. C.; SOUZA, K. R. B. **Simulação computacional como ferramenta de apoio a otimização de processos**: estudo de caso em um *packing house*. Anais do XXXIX Encontro Nacional De Engenharia de Produção. Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_292_648_37399.pdf> Acesso em: 18 Mar 2023.

BENASSULI, A. C. R.; JÚNIOR A. A. S.; **Aplicação de Simulação Computacional em projeto de melhoria de Processo Produtivo**: Um estudo de caso de uma empresa do subsetor eletroeletrônico do Polo Industrial de Manaus. Anais do XL Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do

Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_344_1765_39494.pdf> Acesso em: 20 Mar 2023.

BRAGA, C. C.; CRUZ, J. R. B.; MONTEVECHI, J. A. B. **Simulação de Eventos Discretos e Lean Production**: Quantificação Dos Desperdícios Em Uma Indústria Farmacêutica. Anais do XXVIII Simpósio De Engenharia Da Produção, 2021. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=16&art=234&cad=6982&opcao=com_id> Acesso em: 22 Mar 2023.

CORRÊA, H. L. CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e de Operações. Manufatura E Serviços**: Uma Abordagem Estratégica. – 3. Ed. – São Paulo: Atlas, 2017.

CHWIF, L.; MEDINA, A. **Modelagem E Simulação de Eventos Discretos**: Teoria e Aplicações. 3. ed. São Paulo: Edição do Autor, 2010.

CORSI, A.; SILVA, L. L.; KOMATSU, R. T. A.; CULCHESK, A. S. Utilização de Modelagem e Simulação para Aplicação de Melhoria em Um Processo Produtivo no Ramo Da Confecção Industrial. Anais do XXXVII Encontro Nacional De Engenharia de Produção. Joinville - SC, 10 a 13 de Outubro 2017. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_238_382_34021.pdf>, Acesso em: 18 Mar 2023.

DIAS, B. S.; COSTA, K. N.; FEITOSA, M. E.; PAULA, N. K. T.; VICENTE, S. A. S. O Uso da Simulação De Eventos Discretos para Otimização do Fluxo de Rebocadores Em Um Armazém. Anais do XXVIII Simpósio Da Engenharia De Produção, de 10 a 12 de Novembro 2021. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=16&art=299&cad=4195&opcao=com_id>, Acesso em: 18 Mar 2023.

FABRÍCIO, D. A. K.; SOBCAZAK, J. R. S.; TREVISAN, L.; SOUZA, M. C. Desenvolvimento de Solução Para o Aumento

Da Capacidade De Produção Em Sistema De Embalagem de Lasanhas À Luz Da Simulação de Eventos Discretos. Anais do XL Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: < https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_344_1765_41096.pdf > Acesso em: 21 de Mar 2023.

FERREIRA, R. C.; MIGUEL, A. C. A.; BATISTA, P. H. Simulação à eventos discretos: aplicação numa indústria de transformadores do sul de Minas Gerais, Anais do XLI Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 18 a 21 de outubro de 2021. Disponível em: < https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_356_1834_42707.pdf > Acesso em: 24 de Mar 2023.

FIDANZA, L. B.; ABBADE, M. L. F.; OLIVEIRA, J. A. **A Indústria 4.0 e Seus Potenciais Para Melhorias do Desempenho Operacional**: Estudo De Caso De Uma Empresa Industrial De Telecomunicações. Anais do XXVII Simpósio De Engenharia Da Produção, 11 a 13 de Novembro de 2020. Disponível em: < https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=15&art=841&ad=38218&opcao=com_id > Acesso em: 24 de Mar 2023.

FILHO, O. G. M.; BACHEGA, S. J. Simulação Computacional Aplicada a Uma Linha de Montagem de uma Empresa Automobilística. Anais do XXXVII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017. Disponível em: < https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_238_382_32530.pdf > Acesso em: 21 de Mar 2023.

FIRJAN - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO. **Panorama da inovação**: Indústria 4.0. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-1.htm>>. Acesso em: 30 Março 2023.

FORNAZA, T. R.; OLIVEIRA, R. P.; BRITO, L. C. Análise e Identificação de Melhorias no Processo Produtivo de Óleo de Coco por Meio de Simulação Dinâmica Utilizando o Flexsim. Anais do XXXIX Encontro Nacional de Engenharia De Producao. Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019. Disponível em: < https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_292_1648_38172.pdf > Acesso em: 21 de Mar 2023.

GÊNOVA, A. R. M. R.; RODRIGUES, B. G.; CIONEK, C. A. Estudo da Utilização de Simulação de Processos em Uma Confecção De Moletom. Anais do XXVI Simpósio De Engenharia De Produção, 06 a 08 de Novembro de 2019. Disponível em: < https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=14&art=263&ad=35952&opcao=com_id > Acesso em: 23 de Mar 2023.

GOLENDZINER, A. M.; LEMOS, F. O. Aplicação da Simulação Computacional no Balanceamento de uma Linha de Montagem do Setor Automotivo. Anais do XL Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: < https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_344_1765_39677.pdf > Acesso em: 21 de Mar 2023.

HAYASHI, R.; SILVA, G. G. M. P. Análise De Arranjos Físicos em Um Sistema de Produção Sob Encomenda Através da Simulação Discreta. Anais do XXIV Simpósio De Engenharia de Produção. 08 a 10 de Novembro 2017. Disponível em: < https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=12&art=434&ad=27886&opcao=com_id > Acesso em: 18 de Mar 2023.

JAHARA, R. C.; LINS, M. P. E.; HORA, A. L. T. Avaliação e melhoria do processo de fabricação de órteses ortopédicas utilizando simulação computacional, Anais XXXIX Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019. Disponível em: < https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_292_1648_38140.pdf >, Acesso em: 18 Mar 2023.

JUNIOR, I. P. S. **Simulação Indústria 4.0:** Prevendo Riscos e Otimizando Gastos. Anais XXVI Simpósio De Engenharia Da Produção, 06 a 08 de Novembro de 2019. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=14&art=424&cad=36207&opcao=com_id>, Acesso em: 21 Mar 2023.

JUNIOR, J. L. B.; AMORIM, L. C.; SILVA, M. S.; SANTOS, A. R. S. **Modelagem e Simulação do Processo De Fabricação De Blocos de Meio-Fio:** Uma Abordagem Enxuta. Anais do XLII Encontro Nacional De Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2022. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_384_1900_43405.pdf>, Acesso em: 18 Mar 2023.

KATAYAMA, M. T.; COELHO, J. C. M.; SEGUCHI, H. J. M. Simulação de processos aplicada às pequenas empresas – estudo de caso, Anais XXV Simpósio De Engenharia De Produção, 07 a 09 de Novembro de 2018, Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=13&art=894&cad=30511&opcao=com_id> Acesso em: 21 Mar 2023.

LAMEL, D. C.; LIMA, R. C. F.; SILVA, V. A.; CARVALHO, W. L. **Simulação:** Um estudo de caso para tomada de decisão em uma empresa alimentícia. Anais XL Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_344_1765_41245.pdf>, Acesso em: 20 Mar 2023.

LIMA, D. F. S.; ALCANTARA, P. G. F.; SANTOS, L. C.; E SILVA, L. M. F.; DA SILVA, L. C. Mapeamento do Fluxo de Valor e Simulação para Implementação de Práticas Lean em uma Empresa Calçadista. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 366-392, mar. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.14488/16761901.v16i1.2183>>. Acesso em: 04 set. de 2021.

MACHADO, R. H. C.; HELLENO, A. L.; CORIGUAZI, D. M. C.; MATANA, G. M.; SANTOS, M. S. C. Integração entre DES e MTM para a análise de melhorias em uma indústria de equipamentos. Anais XXXVII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_238_382_34411.pdf>, Acesso em: 23 Mar 2023.

MAGALHÃES, M. S; MAGALHÃES, J. C.; OLIVEIRA, I. F. Simulação do Processo Produção de uma Pizzaria. Anais XXIV Simpósio Da Engenharia Da Produção, 08 a 10 de Novembro de 2017. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=12&art=107&cad=6634&opcao=com_id>, Acesso em: 22 Mar 2023.

MARTINS, A. L. P; FARIA, B. C; PINHO, A. F; MONTEVECHI, J. A. B. Simulação Computacional em uma Indústria de Bola. Anais XLI Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 18 a 21 de outubro de 2021. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WP_G_356_1834_41998.pdf>. Acesso em: 15 Março 2023.

MATTOS, C. C.; SILVA, F.; BUENO, L. N.; NEVES, L. H.; JUNIOR, J. S. F. Determinação da Capacidade Produtiva por Meio de Modelagem e Simulação Computacional de Um Laticínio Em Passos/MG. Anais do XL Encontro Nacional De Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_344_1765_39485.pdf>, Acesso em: 22 Mar 2023.

MENDES, R. L.; RODRIGUES, C. L. Modelagem e Simulação do Sistema de Carregamento de Uma Empresa de Minérios Na Cidade De Barcarena-Pará. Anais do XLI Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 18 a 21 de outubro de 2021. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_356_1834_42250.pdf>, Acesso em: 20 Mar 2023.

MONTALVÃO, D. N.; OLIVEIRA, G. E. Estudo de Tempos e Simulação Computacional na Fábrica de Salgados Delícias de Mainha. Anais do XL Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: <
https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_344_1765_40952.pdf>, Acesso em: 18 Mar 2023.

MORAIS, T. M. M.; MENEZES, J. E.; SANTOS, F. C. V.; SANTOS, P. H.; SILVA, M. A. G. **Modelagem E Simulação Utilizando O Software Flexsim**: Estudo Na Busca Por Melhorias No Processo Produtivo De Indústria Alimentícia De Anápolis/Go. Anais do XXXVII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017. Disponível em: <
https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_238_382_30915.pdf> Acesso em: 18 Mar 2023.

NETO, A. R. P.; LIMA, W. M. N.; UCHÔA, G. S. M.; GRENIK, E. Q.; ALMEIDA, L. J. G. Aplicação Da Simulação de Eventos Discretos na Análise do *Layout* de Uma Fábrica de Pás Eólicas. Anais do XXVIII Simpósio De Engenharia De Produção, 10 a 12 de Novembro de 2021. Disponível em: <
https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=16&art=666&cad=38544&opcao=com_id > Acesso em: 24 de Mar 2023.

OLIVEIRA, I. A. S.; CARDOSO, J. S. S.; AMARAL, L. H. C.; SOUZA, F. H. B., ROCHA, V. A. R. **Otimização Da Qualidade E Simulação A Eventos Discretos**: Um Estudo De Caso Na Produção De Pão De Queijo. Anais do XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: <
https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_344_1765_39400.pdf > Acesso em: 20 de Mar 2023.

PATROCÍNIO, A. L. M.; ASSIS, R.; PAIXÃO, G. S. Análise E Aplicação De Simulação De Eventos Discretos Em Sistemas De Manufatura: Um Estudo De Caso Na Indústria Mecânica. Anais do XXXVIII Encontro Nacional De Engenharia De Producao.

Maceió, Alagoas, Brasil, 16 a 19 de outubro de 2018. Disponível em: <
https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_258_484_36391.pdf > Acesso em: 23 de Mar 2023.

PEREIRA, J. C.; JÚNIOR, J. T. P.; VILELA, F. F.; PIEDADE, D. D. C.; LEAL, F. Projeção de uma linha de montagem de retrovisores aplicando simulação a eventos discretos, Anais do XL Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: <
https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_344_1765_40210.pdf > Acesso em: 22 de Mar 2023.

PINTO, B. L. F. S.; RODRIGUES, M. E. S. L.; SILVA, A. L. N.; MENDES, J. A.; NETO, S. T. S. Simulação Computacional No Processo Produtivo de uma Indústria Química. Anais XLII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2022. Disponível em:<
https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_384_1900_43515.pdf >. Acesso em: 20 Março 2023.

POJO, D. M.; OLIVEIRA, E. B.; PEREIRA, J. L.; SANTOS, S. D.; LOPES, H. S. Análise Logística da Linha de Produção em Uma Fábrica de Compensados Através de Um Projeto de Simulação a Eventos Discretos. Anais do XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 18 a 21 de outubro de 2021. Disponível em: <
https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_356_1834_42494.pdf > Acesso em: 18 de Mar 2023.

PONTES, H. L. J.; NETO, N. J. S.; MOREIRA, B. M. L.; ALBERTIN, M. R. **Simulação de Sistemas de Fabricação a Partir de Features da Peça**: Um Estudo De Caso. Anais do XXXVII Encontro Nacional De Engenharia De Producao. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017. Disponível em:<
https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_238_382_33909.pdf > Acesso em: 18 Mar 2023.

REIS, D. A.; FRANCO, W. D. L.; VILELA, F. F.; MONTEVECCHI, J. A. B. *Lean Thinking E Simulação A Eventos Discretos: Análise De Uma Linha De Montagem De Fornos Elétricos*. Anais do XLI Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 18 a 21 de outubro de 2021. Disponível em:<

https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_356_1834_42273.pdf > Acesso em: 24 Mar 2023.

REIS, T.; DARYANE, J.; SOUZA, F. H. B.; *Discrete Events Systems for Controlling the Production Process in a Dairy Industry*. Anais do XXXVIII Encontro Nacional De Engenharia De Producao. Maceió, Alagoas, Brasil, 16 a 19 de outubro de 2018. Disponível em:< https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_258_484_35879.pdf > Acesso em: 24 Mar 2023.

ROSÁRIO, L. V.; NASCIMENTO, C. T.; VELELA, F. F.; SEGISMONDI, L. C.; MONTEVECHI, J. A. B. *Aplicação da Simulação à Eventos Discretos Para Melhoria De Uma Linha De Produção De Motores em Uma Fábrica de Máquinas Pesadas*. Anais XXVI Simpósio de Engenharia da Produção, 06 a 08 de Novembro 2019. Disponível em:< https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=14&art=398&cad=6982&opcao=com_id> Acesso em: 18 Mar 2023.

SACOMANO, J. B.; GONÇALVES, R. F.; SILVA, M. T.; BONILLA, S. H.; SÁTYRO, W. C. *Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos*. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2018.

SANTOS, E. M.; SOUZA, A. C. R. R.; SOUZA, R. V. *Utilização do Software Arena para Realizar Análise e Simulação do Processo de Fabricação De Pães Artesanais*. Anais do XLI Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 18 a 21 de outubro de 2021. Disponível em:< https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_356_1834_42738.pdf > Acesso em: 23 Mar 2023.

SANTOS, L. C. P.; SANTOS, E. A. P.; LOURES, E. F. R. *Suporte a Tomada de Decisão para Seleção de Cenários Utilizando AHP e Simulação: Um Estudo de Caso em*

uma Indústria Automotiva. Anais do XXVI Simpósio de Engenharia da Produção, 06 a 08 de Novembro de 2019. Disponível em:< https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=14&art=313&cad=35892&opcao=com_id > Acesso em: 21 Março 2023.

SILVA, F. D.; SANTOS, M. N. C.; SANTOS, A. M.; DAMM, D. D.; ALMEIDA, K. F. *Simulação de Processos para Aplicação de Balanceamento De Linha Na Indústria. Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis*, Anais XL Encontro Nacional De Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_344_1765_40090.pdf >, Acesso em: 22 Mar 2023.

SILVA, I. P.; OLIVEIRA, H. B. J.; PEREIRA, E. N.; JUNIOR, R. M. *Simulação de planta didática “modular Productions system” utilizando o software ProModel*. Anais XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Producao. Joinville - SC, 10 a 13 de Outubro 2017. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_238_382_33805.pdf >, Acesso em: 18 Mar 2023.

SIMÕES, B. S.; LEMOS, L. O. S. P.; ASSIS, R. F. *Análise da Capacidade Produtiva de Uma Mineração de Agregados do Estado de São Paulo Através da Utilização de Modelagem e Simulação Computacional*. Anais do XXXIX Encontro Nacional De Engenharia De Producao. Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_292_1648_38777.pdf >, Acesso em: 18 Mar 2023.

SLAVIERO, G. J.; CHIWIACOWSKY L. D. *Um Estudo de Simulação Computacional Aplicado na Indústria Moveleira*. Anais do XL Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_344_1765_39977.pdf >, Acesso em: 21 Mar 2023.

SCHWAB, K. A Quarta Revolução Industrial. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1. ed. Geneva: Edipro, 2016.

SOUZA, R. P.; FERREIRA, B. S.; SANTOS, C. H.; QUEIROZ, J. A. Aplicação da Modelagem e Simulação Computacional Como Ferramenta para Implementação de Conceitos De Produção Enxuta Em Uma Indústria De Fornos Industriais. Anais XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia De Producao. Maceió, Alagoas, Brasil, 16 a 19 de outubro de 2018. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_258_484_35470.pdf>, Acesso em: 20 Mar 2023.

TONETTO, M. S., ONÓFRIO, F., HAMERSKI, D. C., KLEIN, L. L., CASSEL, R. R., Simulação da produção na construção civil: gestão de estoques para alvenaria de vedação, Anais XXXVIII Encontro Nacional De Engenharia De Producao. Maceió, Alagoas, Brasil, 16 a 19 de outubro de 2018. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_258_484_35834.pdf>, Acesso em: 20 Mar 2023.

VANIN, G. S., NETO, V. F. P., MARQUES, G. L., MACHADO, E. F., LEMOS, F. O., Aplicação da simulação computacional para otimização do transporte de carcaças: estudo de caso em uma empresa do setor automotivo, Anais XXIV Simpósio De Engenharia De Produção, 08 a 10 de Novembro de 2017. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=12&art=1272&cad=28887&opcao=com_id>, Acesso em: 24 Mar 2023.

VENÂNCIO, G. H. C. C.; GUIMARÃES, M. C.; SOARES, T. S.; SOUZA, F. H. B.; ROCHA, V. A. R. R. **Simulação a Eventos Discretos e Ferramentas de Qualidade:** Um Estudo de Caso do Ramo Alimentício na Região Metropolitana De Belo Horizonte. Anais do XL Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_344_1765_39402.pdf> Acesso em: 18 Mar 2023.

VOLPE, G. P.; ALVES, A. N, Melhoria de processos pela modelagem e simulação de *layout* para PMES. Anais XXXVIII Encontro Nacional De Engenharia De Producao. Maceió, Alagoas, Brasil, 16 a 19 de outubro de 2018. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_258_484_35083.pdf> Acesso em: 20 Mar 2023.

YAMATO, R. H.; ALLIPRANDINI, D. H.; MATTOS, C. A.; MASSOTE, A. A. Avaliação do Desempenho do Sistema Processamento Mínimo de Vegetais Sob a Ótica do Sistema de Manufatura Reconfigurável Usando A Simulação Como Ferramenta Para Análise. Anais do XXXVII Encontro Nacional De Engenharia De Producao. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_238_382_31681.pdf> Acesso em: 21 Mar 2023.

ZANIN, M. A.; SILVA, A. L. N.; FERRAZ, T. R.; RODRIGUES, M. E. S. L.; LESCURA, M. M. Viabilidade de Melhoria no Processo Produtivo de Uma Sorveteria por Meio de Simulação Computacional. Anais do XLI Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 18 a 21 de outubro de 2021. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_356_1834_42450.pdf>, Acesso em: 21 Mar 2023.

ZANZARINI, B. B.; LEMOS, G. F. C.; FIDANZA, L. B.; OLIVEIRA, J. A. Manufatura Digital na Indústria Aeronáutica: Um Passo Rumo à Indústria 4.0. Anais do XXVII Simpósio De Engenharia Da Produção, 11 a 13 Novembro 2020. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=15&art=830&cad=38218&opcao=com_id>, Acesso em: 18 Mar 2023.