

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

MANRIK SANTOS SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA LINHA DE MONTAGEM DIDÁTICA COM PEÇAS
MODULARES PARA O ENSINO DE SIMULAÇÃO E MODELAGEM
COMPUTACIONAL**

**Bagé
2024**

MANRIK SANTOS SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA LINHA DE MONTAGEM DIDÁTICA COM PEÇAS
MODULARES PARA O ENSINO DE SIMULAÇÃO E MODELAGEM
COMPUTACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fernanda Gobbi de Boer Garbin

**Bagé
2024**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

S719d Souza, Manrik Santos Souza

Desenvolvimento de uma linha de montagem didática com
peças modulares para o ensino de simulação e modelagem
computacional / Manrik Santos Souza Souza.

123 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2024.

"Orientação: Fernanda Gobbi de Boer Garbin Garbin".

1. Aprendizagem Baseada em Projetos. 2. Metodologias
Ativas. 3. Simulação de Sistemas de Produção. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

MANRIK SANTOS SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA LINHA DE MONTAGEM DIDÁTICA COM PEÇAS
MODULARES PARA O ENSINO DE SIMULAÇÃO E MODELAGEM COMPUTACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 10, julho de 2024.

Banca examinadora:

Prof. Dra. Fernanda Gobbi de Boer Garbin

Orientadora

UNIPAMPA

Prof. Dra. Carla Beatriz da Luz Peralta

UNIPAMPA

Prof. Dr. Maurício Nunes Macedo de Carvalho
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **FERNANDA GOBBI DE BOER GARBIN, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/07/2024, às 15:56, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MAURICIO NUNES MACEDO DE CARVALHO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/07/2024, às 15:56, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CARLA BEATRIZ DA LUZ PERALTA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/07/2024, às 15:57, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1478731** e o código CRC **D58B63BF**.

Referência: Processo nº 23100.010933/2024-68 SEI nº 1478731

Dedico este trabalho ao meu pai, Mário;
meu anjo da guarda que está no céu,
minha mãe, Lena; tias; e à minha avó,
Aide.

AGRADECIMENTO

Ser engenheiro é um sonho que teve início na pequena cidade de Nanuque-MG. O que parecia ser um sonho distante está se tornando realidade, e não posso deixar de agradecer a todos os envolvidos nessa conquista.

Primeiramente, agradeço a Deus, que me deu forças para suportar a distância de casa, longe do conforto e das pessoas que amo.

Agradeço à minha família, ao meu pai Mario, às minhas tias e à minha avó Aide, que sempre me motivaram a continuar e não mediram esforços para tornar esse sonho realidade. Sempre demonstraram muito amor, carinho e fé. Em especial, à memória eterna da minha amada mãe, Lena. Seu amor, ensinamentos e conselhos continuam a ser minha inspiração diária. Esta conquista é um tributo ao legado que ela deixou em minha vida.

Agradeço aos meus amigos, aos antigos e aos novos, e aos amigos do diretório acadêmico que a universidade me proporcionou, cujo apoio e incentivo foram fundamentais para minha jornada acadêmica. Suas palavras motivadoras e engajamento foram como uma luz orientadora em momentos desafiadores. Foram uma extensão de família aqui em Bagé. Aos amigos de Nanuque, mesmo à distância, agradeço pelo apoio incansável. Foram um lembrete constante de que a verdadeira amizade não depende de distância.

Aos meus irmãos do Emaús, obrigado por serem uma fonte constante de apoio espiritual e encorajamento. Sua presença tornou os dias difíceis mais suportáveis e os momentos de celebração mais alegres.

Aos meus professores, minha sincera gratidão pela dedicação e conhecimento compartilhados ao longo desta jornada acadêmica. Em especial, agradeço à minha orientadora, Fernanda, por sua orientação sábia, paciência e apoio incondicional.

Cada um de vocês desempenhou um papel vital neste trajeto, e por isso, expresso minha profunda gratidão. Este trabalho é tão de vocês quanto é meu. Obrigado por fazerem parte desta jornada inesquecível.

Com profunda gratidão, Manrik.

"É necessário sempre acreditar que o sonho é possível, que o céu é o limite e você é imbatível".

Racionais MC's

RESUMO

Em um cenário desafiador como a Engenharia de Produção, métodos de ensino inovadores são fundamentais para preparar futuros profissionais para as exigências do mundo do trabalho. Este estudo, realizado no campus Bagé da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), no curso de Engenharia de Produção, tem como objetivo disponibilizar uma experiência de ensino, tendo como referência as metodologias de ensino e aprendizagem ativas e o uso de peças modulares, simulando uma linha de produção, para o componente curricular de Modelagem e Simulação Computacional. O estudo adota uma metodologia de pesquisa aplicada, exploratória e qualitativa, com ênfase em um estudo de caso. As etapas incluem a identificação de oportunidades, o planejamento e a construção de modelos conceituais e computacionais, a validação e a avaliação dos resultados por meio de questionários. O trabalho atende à necessidade de aprimorar o ensino na área de Engenharia de Produção, concentrando-se no componente curricular de Simulação e Modelagem Computacional, explorando a importância da aprendizagem ativa e da abordagem baseada em projetos. Como resultado, obteve-se uma experiência de aprendizagem que permite ao discente experienciar diversos conceitos relacionados à área de formação, além da prática de modelagem e simulação. Os resultados alcançados reforçam a importância da integração entre teoria e prática no ensino superior, incentivando a adoção de metodologias que promovam o aprendizado ativo e a participação efetiva dos alunos. Por fim, espera-se que este trabalho tenha contribuído e continue a contribuir significativamente para a formação acadêmica dos estudantes, proporcionando uma experiência de aprendizado mais rica e completa.

Palavras-Chave: Aprendizagem Baseada em Projetos. Engenharia de Produção. Metodologias Ativas. Simulação de Sistemas de Produção.

ABSTRACT

In a challenging field like Production Engineering, innovative teaching methods are fundamental to prepare future professionals for the demands of the working world. This study, conducted at the Bagé campus of the Federal University of Pampa (Unipampa), in the Production Engineering course, aims to provide a teaching experience, referencing active teaching and learning methodologies and the use of modular parts simulating a production line, for the Computational Modeling and Simulation course component. The study adopts an applied, exploratory, and qualitative research methodology, with an emphasis on a case study. The stages include the identification of opportunities, planning, and construction of conceptual and computational models, validation, and evaluation of the results through questionnaires. The work addresses the need to improve teaching in the field of Production Engineering, focusing on the Computational Modeling and Simulation course component, exploring the importance of active learning and project-based approaches. As a result, a learning experience was obtained that allows students to experience various concepts related to the field of study, in addition to practicing modeling and simulation. The results achieved reinforce the importance of integrating theory and practice in higher education, encouraging the adoption of methodologies that promote active learning and effective student participation. Finally, it is hoped that this work has contributed and continues to contribute significantly to the academic training of students, providing a richer and more complete learning experience.

Keywords: Project-Based Learning. Production Engineering. Active Methodologies. Production Systems Simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da Pesquisa Operacional	40
Figura 2 – Classificação da pesquisa	50
Figura 3 – Etapas do método de trabalho	50
Figura 4 – Parâmetros da replicação	57
Figura 5 – Parâmetros de reports	58
Figura 6 – Modelo computacional modelo 1	58
Figura 7 – Caixa de início	59
Figura 8 – Caixa de processo	60
Figura 9 – Caixa de chegada	61
Figura 10 – Modelo computacional modelo 2	61
Figura 11 – Modelo computacional modelo 3	61
Figura 12 – Voluntários.....	67
Figura 13 – Sala da validação	68
Figura 14 –Mesa do repositor (estoque)	68
Figura 15 – Mesa do operador 3 (P1)	69
Figura 16 – Mesas dos operadores 1 (P2) e 2 (P3)	69
Figura 17 – Instruções sobre a dinâmica.....	70
Figura 18 – Instruções sobre a dinâmica para operador 3	71
Figura 19 –Instruções sobre a dinâmica para os operadores.....	71
Figura 20 – Instruções sobre a dinâmica para o repositor.....	72
Figura 21 – Coletas de dados (tempos).....	72
Figura 22 – Considerações sobre a dinâmica.....	73
Figura 23 – Aplicação dos questionarios.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrições das metodologias de ensino e aprendizagem ativas	24
Quadro 2 –Comparação entre Fordismo e Sistema Toyota de Produção (STP)	33
Quadro 3 –Resumo das técnicas de produção: Kanban, 5S e Balanceamento	38
de linha	
Quadro 4 –Comparativo: Modelagem e Simulação na Pesquisa Operacional	43
Quadro 5 –Linhas de produção (com peças de montar)	53
Quadro 6 – Linhas de produção (sem peças de montar)	53
Quadro 7 – Revisão da linha de montagem.....	54
Quadro 8 – Critérios e descrições da rubrica.....	55
Quadro 9 – Resultado da simulação do modelo 1	62
Quadro 10 – Resultado da simulação do modelo 2.....	63
Quadro 11 – Resultado da simulação do modelo 3.....	64
Quadro 12 – Voluntários.....	67
Quadro 13 – Coleta de dados.....	74
Quadro 14 – Resultado total da escala de Likert.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS

ABE - Aprendizagem Baseada em Equipes

ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção

ABP - Aprendizagem Baseada em Problemas

ABPj - Aprendizagem Baseada em Projetos

CONFEA - Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

CONSUNI - Conselho Universitário da Unipampa

DCNs - Diretrizes Curriculares Nacionais

E-KANBAN - Kanban Eletrônico

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IES - instituições de Ensino Superior

LM - *Lean Manufacturing*

MEC - Ministério da Educação

PBL - *Problem Based Learning*

PBL - *Project Based Learning*

PDI - Plano de Desenvolvimento Institucional

PO- Pesquisa Operacional

PPC - Projeto Pedagógico de Curso

SPP - Sistema de Produção Puxada

STP - Sistema Toyota de Produção

TBL - *Team Based Learning*

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

TICs - Tecnologias de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	17
1.2	Justificativa	17
1.3	Delimitação do estudo	19
1.4	Estrutura do trabalho	20
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	Metodologias de Ensino e Aprendizagem Ativas	21
2.1.1	Ensino na Engenharia	25
2.1.2	Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj)	26
2.2	Gestão de Sistemas de Produção e Operações na Engenharia de Operações e Processos da Produção	29
2.2.1	Fordismo e Sistema Toyota de Produção (STP)	30
2.3	Pesquisa Operacional (PO)	38
2.3.1	Modelagem e Simulação	41
3	METODOLOGIA	44
3.1	Contexto do estudo	44
3.2	Classificação da pesquisa	48
3.3	Método de trabalho	50
4	RESULTADOS	53
4.1	Modelos computacionais dos processos de montagem	57
4.1.1	Configurações da simulação	57
4.1.2	Modelo 1	58
4.1.3	Modelos 2 e 3	61
4.2	Resultados das simulações	62
4.3	Validação com voluntários	66
4.3.1	Preparação da sala	67
4.3.2	Dinâmica	70
4.3.3	Fim da dinâmica	73

4.3.4	Análise dos resultados dos questionários.....	75
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
	REFERÊNCIAS	81
	APÊNDICE A - Questionário de avaliação da metodologia (ABPJ).....	91
	APÊNDICE B - Plano de aula	93
	APÊNDICE C - Rubrica	106
	APÊNDICE D - Tempos de operações.....	109
	APÊNDICE E - Análise no input analyzer	112
	APÊNDICE F - Resultados e análises	115
	ANEXO 1 - Questionário para a autoavaliação de competências	120
	ANEXO 2 – Questionário para a avaliação das metodologias de ensino e aprendizagem adotadas.....	122

1 INTRODUÇÃO

O Ministério da Educação (MEC), por meio da Resolução Nº 2, de 24 de abril de 2019, instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de graduação em Engenharia. Essa medida descreve as características que os formandos devem ter, como o curso deve ser organizado e outras regras importantes (BRASIL, 2019a). Segundo Garbin (2022), as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para cursos universitários servem como guias para as instituições de ensino superior no Brasil ao planejar os programas de graduação. Elas formam a estrutura fundamental para desenvolver os Projetos Políticos Pedagógicos de Curso.

Angelo e Giansesi (2019) observam que na resolução que criou as anteriores Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de graduação em Engenharia, datada de 2002, houve uma ampla definição de conteúdo para os cursos, porém, possui pouca ênfase nas habilidades, competências e na criação de um processo educacional centrado no estudante. Assim, o foco no conteúdo continuou sendo a principal influência na forma como as estratégias de ensino são aplicadas, e isso pode ser visto como o motivo central para os desafios das reformas curriculares nas Instituições de Ensino Superior (IES).

Diante desse cenário, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) estabelecidas em 2019 claramente apontam para a importância de uma formação que se baseie no desenvolvimento de competências, sem deixar de reconhecer a necessidade de adquirir conhecimento sobre os conteúdos, propondo o ensino com base em experiências práticas e metodologias ativas. Espera-se que o conhecimento seja adquirido de forma ativa e integrado à estrutura cognitiva dos alunos, enquanto eles desenvolvem habilidades e atitudes necessárias para lidar com situações e contextos desafiadores (Prado; Santos, 2019).

Nesse sentido, Kern *et al.* (2019) ressaltam as diretrizes atuais para o ensino superior, enfatizando os seguintes princípios: a importância das habilidades que os formandos devem adquirir, a relevância do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) como um guia para a gestão da aprendizagem, a implementação de métodos de ensino participativos, a criação de políticas de apoio aos estudantes e o reconhecimento do trabalho dos professores.

Recentemente, o curso de Engenharia de Produção do campus Bagé está passando pelo processo de implementação de seu novo Projeto Pedagógico do Curso (PPC) no ano de 2023. O curso, alinhado com as novas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia (Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019), incorpora em sua grade curricular conteúdos fundamentais, profissionais e específicos que estão intimamente ligados às habilidades que se pretende desenvolver. Os elementos que compõem a estrutura curricular do curso de Engenharia de Produção seguem diretrizes e são planejados para proporcionar uma experiência de aprendizado adequada aos alunos (Universidade Federal do Pampa, 2024).

Considerando a definição apresentada e as competências descritas nas DCNs atuais para cursos de graduação em Engenharia (MEC, 2019), refere-se a um conjunto de conhecimentos, capacidades e atitudes. Dentro desse contexto, foram estabelecidas competências amplas em termos técnicos, tanto gerais como específicas e profissionais. Essas competências são então detalhadas em relação às disciplinas de graduação. As competências gerais atendem às diretrizes nacionais para cursos de Engenharia (DCNs) e às responsabilidades profissionais estipuladas pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) (Universidade Federal do Pampa, 2024).

Para estabelecer essas competências, como exemplo do curso de Engenharia de Produção, da Universidade Federal do Pampa, procurou-se ligar os conteúdos essenciais, profissionais e específicos às habilidades, que foram determinadas com base nos objetivos educacionais da Taxonomia de Bloom (Universidade Federal do Pampa, 2024). A Taxonomia de Bloom foi originalmente apresentada em 1956 e passou por uma revisão em 2001, liderada por Anderson *et al.* (2001). Ela compreende sete categorias dispostas em níveis interligados, que são denominadas: memorizar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar. As competências são apresentadas nas ementas, em objetivos específicos no Projeto Pedagógico de curso, do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa (Universidade Federal do Pampa, 2024).

Nesta nova reestruturação do PPC do curso em estudo, encontra-se uma grande variedade de componentes curriculares que abrangem conteúdos de várias áreas, como: Engenharia de Operações e Processos da Produção, Cadeia de Suprimentos, Pesquisa Operacional, Engenharia da Qualidade, Engenharia do Produto, Engenharia Organizacional, Engenharia Econômica, Engenharia do

Trabalho, Engenharia da Sustentabilidade e Educação em Engenharia de Produção. Cada uma dessas disciplinas desempenha um papel essencial na garantia da eficiência, qualidade, sustentabilidade e inovação nos processos produtivos e na gestão de operações empresariais, incluindo a pesquisa operacional. Destaca-se, em particular, o componente curricular de Modelagem e Simulação Computacional, que traz em seu objetivo geral, que o estudante ao final do componente curricular seja capaz de aplicar Teoria das Filas além de modelar e simular sistemas discretos. Para Muniz *et al.* (1998), utilizando a modelagem e a simulação, é possível representar o funcionamento real de um sistema ou parte dele. Isso ajuda na compreensão do sistema, facilitando a criação de teorias e ideias para resolver diversos problemas relacionados à produção. Além disso, permite a avaliação de possíveis riscos e impactos.

Com o propósito de alinhar as expectativas em relação aos discentes ao longo do componente curricular, as metodologias ativas de ensino e aprendizagem vêm para cumprir esse papel. Uma vez que essas abordagens buscam estimular o interesse dos alunos em aprender, eles se tornam os principais agentes de seu próprio processo de aprendizagem. Portanto, há a necessidade de desenvolver uma dinâmica baseada em metodologia ativa, que permita maior participação dos estudantes no componente de Modelagem e Simulação Computacional.

1.1 Objetivos

Nos tópicos a seguir são abordados o objetivo geral e os objetivos específicos, respectivamente.

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma experiência de ensino, tendo como referência as metodologias de ensino e aprendizagem ativas e o uso de peças de montar, simulando uma linha de produção, para o componente curricular de Modelagem e Simulação Computacional.

1.1.2 Objetivos Específicos

Com o intuito de atingir o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) propor um sistema de produção que possa ser objeto de estudo no componente curricular Simulação Computacional;
- b) identificar os conteúdos relacionados à Engenharia de Produção que podem ser ensinados por meio da simulação do sistema proposto;
- c) documentar os procedimentos para aplicação da experiência de aprendizagem;
- d) avaliar as percepções dos estudantes de cursos de engenharia quanto a experiência de aprendizagem proposta.

1.2 Justificativa

No cenário competitivo do mercado consumidor, as empresas enfrentam a constante necessidade de inovação em seus métodos de produção e na adoção de novas abordagens. Isso é fundamental para aumentar a competitividade e garantir a sobrevivência no mercado. Uma ferramenta valiosa para atingir esses objetivos é a utilização de *softwares* de simulação de processos produtivos (Silva, 2010).

A utilização de *softwares* para simular sistemas produtivos tem se destacado como uma ferramenta valiosa para auxiliar engenheiros e gestores no planejamento estratégico operacional. Essa abordagem pode aprimorar a capacidade de analisar processos complexos e tomar decisões informadas. Por meio da modelagem e simulação, é possível representar o funcionamento real de sistemas ou partes deles, o que facilita o desenvolvimento de teorias e soluções para uma ampla gama de desafios relacionados à produção. Além disso, essa abordagem possibilita a avaliação de possíveis riscos e impactos (Muniz *et al.*, 1998).

De acordo com Shannon (1998), a simulação tem objetivos diversos: analisar novas políticas e procedimentos, identificar os fatores que mais impactam o desempenho do sistema, encontrar a combinação ideal de parâmetros para alcançar os melhores resultados e analisar gargalos na produção. Essa ferramenta também é útil para avaliar mudanças na demanda e na programação de produção, além de ser um suporte valioso para o treinamento de operadores, aprimorando suas habilidades.

Além disso, oferece a vantagem de testar novos *layouts* físicos e sistemas de movimentação em diferentes cenários.

Sakurada (2003) argumenta que a simulação de eventos discretos é uma ferramenta notável devido à sua capacidade de auxiliar nas tomadas de decisão, por meio da utilização de modelos para reproduzir sistemas e resolver problemas em que a solução analítica não é imediatamente evidente para o pesquisador. Seguindo essa linha, Prado (2014) descreve a simulação como uma técnica que se baseia na resolução de problemas por meio de um modelo capaz de representar um processo específico usando um computador e apresentando informações em formato digital.

De acordo com os autores citados, observa-se a importância da Modelagem e Simulação Computacional no mercado de trabalho, por isso a sua importância em ser aplicada em sala de aula. Por sua vez, Magana (2017) relata que, nos cursos de Engenharia, a Modelagem e a Simulação têm sido empregadas como ferramentas analíticas para apoiar a compreensão de fenômenos complexos.

Smetana e Bell (2012) acrescentam que essas técnicas têm sido utilizadas para aproximar a teoria dos processos de inovação, por meio da realização de experimentos práticos. De acordo com Chernikova *et al.* (2020), a Simulação no ensino superior oferece aos estudantes uma abordagem mais próxima da prática, com referências em sistemas reais, mas com menor complexidade e parâmetros controlados. Isso resulta em maior engajamento por parte dos estudantes e cria um ambiente propício para o desenvolvimento de habilidades, como o pensamento crítico, a resolução de problemas, a comunicação e o trabalho em equipe, conforme destacado pelos autores.

O componente curricular Simulação e Modelagem Computacional consta incorporada na grade curricular do curso de Engenharia de Produção do campus Bagé. Para promover o aprendizado dos estudantes, é necessário que eles tenham acesso a uma experiência de aprendizagem que promova o desenvolvimento de competências. Essa experiência, muitas vezes, consiste em atividades práticas desenvolvidas em empresas que concordam em fornecer informações e ceder espaço para a coleta de dados. Porém, os estudantes podem enfrentar dificuldades relacionadas à disponibilidade de tempo e informações.

Considerando essas circunstâncias, este estudo buscou contribuir por meio da criação de um sistema produtivo, para servir como objeto de estudo para os alunos. Esta linha de produção é utilizada nas dependências do campus Bagé, tornando mais

fácil a visita ao ambiente. Além disso, uma vez que se trata de uma metodologia ativa, almejou-se promover uma maior interação dos alunos com a linha proposta e espera-se um maior nível de aprendizado no componente curricular.

A elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) sobre 'Desenvolvimento de uma Linha de Montagem Simulada com Peças de Montar para o Ensino de Simulação e Modelagem Computacional' representa uma etapa crucial na formação acadêmica, abrangendo diversas áreas da Engenharia de Produção. Esta pesquisa permitirá a aquisição e aplicação de conhecimentos teóricos fundamentais do curso de Engenharia de Produção em um contexto prático e real. Além disso, a montagem e operação da linha simulada proporcionam uma compreensão mais profunda dos conceitos de simulação e modelagem computacional.

O TCC abrange algumas áreas da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) como: Engenharia de Operações e Processos da Produção; Pesquisa Operacional; Engenharia da Qualidade; Educação em Engenharia de Produção. Em resumo, o TCC não apenas contribuirá para a formação acadêmica, mas também enriquecerá a compreensão de diversas disciplinas da Engenharia de Produção, preparando para desafios futuros em um campo multidisciplinar.

1.3 Delimitação do estudo

Este estudo visou a criação e implementação de uma linha de montagem simulada com peças de montar na componente de Simulação e Modelagem Computacional, com o objetivo de aprimorar o ensino da componente do curso de Engenharia de Produção do campus Bagé. O foco da pesquisa está na elaboração e utilização de uma metodologia de ensino com base em metodologias ativas, permitindo que os discentes participem ativamente no aprendizado. O estudo se delimita em: utilizar peças de montar para a linha de montagem simulada pode impor restrições à fidelidade da simulação em relação aos processos de produção reais. A disponibilidade de recursos financeiros e materiais pode limitar a extensão e complexidade do sistema de produção simulado. As percepções dos estudantes podem ser influenciadas por fatores externos, como seu nível de interesse e experiência prévia em simulação.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho se organiza em cinco capítulos, seguindo a seguinte estrutura: O primeiro capítulo serve como uma introdução ao tema, onde se discute a questão que está sendo abordada, os objetivos que buscam ser alcançados e a justificativa para a realização deste estudo. No segundo capítulo, aborda-se o referencial teórico que sustenta a pesquisa, explorando temas como: metodologias de ensino e aprendizagem ativas, ensino na engenharia, pesquisa operacional, modelagem e simulação. O terceiro capítulo apresenta a metodologia utilizada para atingir os objetivos e resultados esperados. Nesta etapa, apresenta-se o contexto em que o trabalho foi desenvolvido, a classificação da pesquisa e o método de trabalho. O quarto capítulo contém os resultados encontrados por meio deste trabalho. O quinto e último capítulo apresenta as considerações finais do estudo, resumindo as principais descobertas e discutindo suas implicações

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta conceitos centrais e definições pertinentes estabelecendo as bases conceituais necessárias para a compreensão mais aprofundada do assunto em questão.

2.1 Metodologias de Ensino e Aprendizagem Ativas

Para Bardini e Spaiding (2017), o cenário educacional do ensino superior atual tem passado por uma profunda reflexão no que diz respeito aos processos de ensino e aprendizagem. A maior parte dos estudantes, por ter um ensino tradicional, enfrenta uma grande desvantagem na relação professor-aluno, pois o professor tem o papel de mediador e os alunos frequentemente têm um papel passivo, apenas ouvindo o professor. Isso leva à falta de engajamento e motivação, comprometendo assim o processo de aprendizado, já que os alunos não participam ativamente do processo.

No contexto atual, as técnicas de ensino tradicionais e as metodologias transmitidas pelos professores frequentemente mostram-se menos eficazes para a geração Z e Alpha, ou seja, as gerações atuais que as recebem. Os alunos do século XXI têm acesso a uma vasta quantidade de informações na internet. Como resultado, esses alunos estão aprendendo em diferentes lugares e horários, o que significa que muitas vezes se tornam autodidatas (Andrade *et al.*, 2020).

A geração Z é composta por jovens nascidos após 1990, e essa geração cresceu em um ambiente em que o acesso à internet se tornou cada vez mais comum no Brasil e no mundo. Desde a infância, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), como videogames, smartphones, wi-fi e outras tecnologias e plataformas digitais, fazem parte integrante do cotidiano desses jovens (Mussio *et al.*, 2019). É uma geração multitarefa, imediatista e comum na esfera digital (Passero *et al.*, 2016).

A geração Alpha é composta por indivíduos nascidos a partir de 2010. Esses jovens demonstram uma notável capacidade de adaptação às mudanças da era digital. Eles são especialmente influenciados por estímulos sensoriais, principalmente visuais, devido ao uso frequente de imagens e uma ampla gama de cores nas mídias digitais (Lima *et al.*, 2019). Tal geração é composta por indivíduos que cresceram imersos na era tecnológica desde o nascimento, o que os torna naturalmente

adaptáveis a mudanças devido ao amplo acesso às Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) (Mussio *et al.*, 2019).

Nessa perspectiva, compreender as características das gerações tecnológicas dos alunos permite aos professores repensar as metodologias e abordagens pedagógicas, explorando a oportunidade de construir conhecimento de forma colaborativa com o uso de tecnologias que capacitem os estudantes a mobilizar seus próprios conhecimentos e saberes (Guimarães *et al.*, 2023).

Alves *et al.* (2009) ressalta que, as instituições de nível superior devem estar preparadas para atender a qualquer mudança de cenário relacionado ao desenvolvimento das gerações, sendo assim, a aquisição de novas competências profissionais é de suma importância, bem como um novo pensamento sobre mudanças no meio da educação e a introdução de práticas curriculares inovadoras.

Para Mazur (1996), quando o docente migra do modelo tradicional de ensino e passa a aplicar um novo modelo de construção de conhecimento, ele se torna um facilitador e técnico no processo de aprendizado, abandonando os métodos tradicionais nos quais o professor fala e os alunos apenas ouvem (Alves *et al.*, 2009) diz-se que no cenário atual, apresenta-se uma mudança em relação aos estudantes, que passaram a ser mais ativos na construção do seu aprendizado, e aos docentes, que proporcionam o ambiente e as condições para que isso aconteça. Nesse contexto são desenvolvidas metodologias de ensino e aprendizagem ativas, de modo que:

Aprendizagem ativa ocorre quando o aluno interage com o assunto em estudo – ouvindo, falando, perguntando, discutindo, fazendo e ensinando – sendo estimulado a construir o conhecimento ao invés de recebê-lo de forma passiva do professor. Em um ambiente de aprendizagem ativa, o professor atua como orientador, supervisor, facilitador do processo de aprendizagem, e não apenas como fonte única de informação e conhecimento (Barbosa; Moura, 2013, p. 55).

Para promover a aprendizagem ativa, tais metodologias ativas têm o foco no desenvolvimento do aluno, fazendo-o ter um papel protagonista em todo o percurso de aprendizagem, tornando-o participativo e reflexivo (Bacich; Moran, 2017). Para Moran (2017), as metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação dos estudantes na própria construção de sua aprendizagem. Para Cunha (2015), a metodologia tem que ser capaz de criar um ambiente de aprendizagem que proporcione a experiência de 'aprender a aprender', gerando competências fundamentais que são exigidas de um engenheiro. Segundo Berbel (2011), com as

metodologias ativas, é possível despertar a curiosidade e, por meio da autonomia, tomar iniciativas para trazer à aula assuntos ainda não abordados pelo professor.

Segundo Barbosa e Moura (2014) com a aplicação de métodos ativos, os alunos absorvem um volume maior de informações sobre o conteúdo e retêm informação por mais tempo. Além disso, têm maior prazer e satisfação com a aula. Os alunos que experimentam esse método se tornam mais confiantes em tomadas de decisões, desenvolvem uma boa oratória e escrita e aumentam o prazer em lidar com a resolução de problemas, destacando maior autonomia no pensar e agir.

Por meio das metodologias ativas, busca-se facilitar o aprendizado, e é responsabilidade do professor aplicar esses métodos junto aos alunos como uma proposta de aprendizagem mais eficaz, com resultados superiores em comparação ao modelo tradicional. Essa proposta só será aceita quando houver, por parte do aluno, motivação pelo conhecimento (Vieira *et al.*, 2019). Caso não haja interesse por parte do aluno, ocorrerá uma demanda por intervenção do professor (Rocha; Lemos, 2014).

Entre os métodos ativos, destacam-se a Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem Based Learning* - PBL), a Aprendizagem Baseada em Times (*Team Based Learning*-TBL), a Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project Based Learning* - PBLj) e a Problematização (Vieira *et al.*, 2019).

Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) consiste na resolução de um problema que não esteja totalmente estruturado. O conhecimento do conteúdo que estará sendo abordado é construído durante o processo, resultando no desenvolvimento de competências de aprendizagem autodirigida e habilidades de lidar com resoluções de problemas (Atwa; Al Rabia, 2014; Guerra, 2014).

A Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE) é uma abordagem educacional em que os alunos trabalham em equipes para resolver questões ou problemas. O trabalho em grupos varia de 10 a 25 alunos, dependendo da capacidade de mediação do professor encarregado e das características da atividade. É uma abordagem que enfatiza o trabalho colaborativo por meio de equipes, visando encontrar soluções, compartilhar informações e debater ideias (Carraro *et al.*, 2011; Sebolt *et al.*, 2010).

Na Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj), o aluno é o foco central, trazendo contextos do mundo real para a aplicação na prática. Os projetos desse método são desafiadores e até mesmo complexos, necessitando de uma colaboração ativa e resolução de problemas (Lettenmeier *et al.*, 2013). Os benefícios desse

método, segundo Rudolph (2014), são o desenvolvimento de habilidades, como pensamento crítico, criatividade e resolução de problemas. Quando o aluno percebe a sua evolução no projeto em questão, ele se torna mais engajado e motivado, aumentando, assim, o seu processo de aprendizagem.

Na abordagem da problematização, os estudantes abordam uma questão do mundo externo e real. No processo de resolução, aplicam conhecimentos tanto teóricos quanto práticos. Isso ocorre por meio de um grupo colaborativo e ativo, aberto a discussões e análises. É importante destacar que alguns resultados podem ser imprevistos, já que lidam com situações reais externas (Carraro *et al.*, 2011; Sebolt *et al.*, 2010). Essa metodologia é amplamente empregada no ensino superior, pois estimula o desenvolvimento de habilidades analíticas críticas. Além disso, promove a autonomia dos alunos, aprimorando suas capacidades de lidar com complexas situações do mundo real (Vieira *et al.*, 2019).

A seguir, o Quadro 1 auxilia na visualização organizada das principais informações sobre as metodologias de ensino e aprendizagem ativas mencionadas nesta seção.

Quadro 1 - Descrições das metodologias de ensino e aprendizagem ativas

Metodologia	Descrição
Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)	a) resolução de problemas não totalmente estruturados; b) construção de conhecimento durante o processo; c) desenvolvimento de competências de aprendizagem autodirigida e resolução de problemas.
Aprendizagem Baseada em Equipes (TBL)	a) alunos trabalham em equipes para resolver questões ou problemas; b) enfatiza o trabalho colaborativo e debate de ideias; c) varia de 10 a 25 alunos em grupos, dependendo da atividade.
Aprendizagem Baseada em Projetos (PBLj)	a) foco em contextos do mundo real; b) projetos desafiadores e colaborativos; c) desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico e resolução de problemas.
Problematização	a) abordagem de questões do mundo real; b) aplicação de conhecimentos teóricos e práticos. Grupo colaborativo e aberto a discussões e análises; c) estimula habilidades analíticas críticas.

Fonte: Autor (2024).

2.1.1 Ensino na Engenharia

Atualmente, os cursos de engenharia são organizados para a exigência de que o egresso apresente um perfil técnico e teórico. Esse tipo de característica pode ser observado nas estruturas curriculares, nos Projetos Pedagógicos de Curso e nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos Cursos de Graduação em Engenharia (CNE/CES nº 2/2019) (Pinheiro *et al.*, 2023), uma vez que o perfil dos acadêmicos do ensino superior influencia a maneira como os professores ministram o curso de engenharia (Santos; Arnaud; Dutra, 2014).

Os métodos tradicionais de ensino não despertam interesse no aluno, pois se torna algo desinteressante ficar apenas ouvindo o professor em sala de aula (Snider; Balakrishnan, 2013), gerando falta de motivação por parte dos professores, dificultando a adoção das metodologias ativas. Essa falta de motivação está frequentemente ligada a questões como uma carga horária muito pesada, falta de interesse por parte dos alunos e uma sensação de desvalorização. Por outro lado, no que diz respeito aos estudantes, alguns professores apontam que a resistência à adoção de metodologias ativas também está ligada predominantemente à formação básica desses alunos, que muitas vezes, também têm a falta de maturidade para se envolverem de forma ativa e autônoma, como exigido pelas metodologias ativas, tornando-se um obstáculo para a adoção dessas abordagens de ensino (Amaral *et al.*, 2022).

De acordo com Christo (2019), o modelo de ensino tradicional capacita engenheiros a tomar decisões com base em duas habilidades: modelagem e interpretação de resultados. Isso, no entanto, não atende às expectativas do perfil de profissional que o mercado demanda. Santos, Arnaud e Dutra (2014) destacam um aspecto significativo para a mudança no ensino de aprendizagem de um profissional. Para eles, o mercado de trabalho necessita de profissionais com competências relevantes relacionadas à sua formação. Porém, no cenário atual, está escasso tal perfil de profissional, visto que deveria ter sido construído ao longo de sua vida acadêmica para chegar ao mercado de trabalho já preparado para os desafios profissionais.

Diante desse desafio apresentado, como uma estratégia para aprimorar a educação no ensino superior, opta-se por empregar metodologias ativas e ter abordagens pedagógicas dinâmicas que vão além das técnicas tradicionais de ensino

(Zaluski; Oliveira, 2018; Silva e Cecílio, 2007; Toralles-Pereira e Cyrino, 2004). O ensino nos cursos de Engenharia deve envolver a utilização de práticas e atividades que ajudem os alunos a aprender a lidar com os erros, corrigindo-os de maneira mais clara e responsável. Além disso, na educação, é importante incentivar os alunos a questionar ideias que considerem fixas sobre como as pessoas, a sociedade e o mundo funcionam. Isso os ajuda a desenvolver suas próprias maneiras de pensar e abordar problemas (Bazzo; Pereira; Bazzo, 2014).

O objetivo é verdadeiramente formar indivíduos ativos, reflexivos e capazes de transformar o ambiente em que se encontram (Zaluski; Oliveira, 2018; Silva; Cecílio, 2007; Toralles-Pereira; Cyrino, 2004). Portanto, o emprego das metodologias ativas no processo de ensino e aprendizagem é considerado uma abordagem inovadora que se utiliza de situações reais ou simuladas com o propósito de criar condições para a resolução de desafios em diversos cenários (Berbel, 2011).

Ao abordar o ensino na engenharia, é importante reconhecer a necessidade de ir além do modelo tradicional baseado apenas em teoria. A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) surge como uma solução para isso, proporcionando uma abordagem prática que envolve os alunos em projetos reais e importantes. A seguir, é explorado mais sobre a ABPj.

2.1.2 Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj)

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) teve início em 1900. Seu idealizador foi o filósofo americano John Dewey, que corroborou o "aprender mediante o fazer", reconhecendo, indagando e inserindo uma habilidade de raciocínio na resolução de problemas. Dessa forma, a realização de projetos que abordam problemas reais relacionados aos conceitos treinados na área de conhecimento gera a obtenção de conhecimento (Masson *et al.*, 2012), já que os estudantes têm a oportunidade de adquirir ou aprimorar seu conhecimento de maneira prática, na qual podem reconhecer a utilidade e a aplicação real do conhecimento (Berbel, 1998; Lima, 2019).

Para Masson *et al.*, (2012), a ABPj passa a ser uma proposta de ensino e de aprendizagem que tem como foco central uma tarefa envolvendo o aluno na análise de estratégias para enfrentar e resolver os problemas, possibilitando, dessa forma, que o aluno atue de maneira independente na formação de seu conhecimento. Este

método educacional é amplamente empregado em cursos de Ciência da Computação, Sistemas de Informação e Engenharia (Souza *et al.*, 2019).

A metodologia permite que o aluno desenvolva a habilidade de trabalhar em equipe, tornando-se mais colaborativo. A ABPj sempre é interdisciplinar, portanto, o aluno não estará envolvido apenas com um conteúdo. Trata-se de uma colaboração entre diversas disciplinas, diferente da metodologia tradicional, que é um ensino fragmentado, o que pode dificultar a compreensão e o aprendizado dos alunos. Bressani *et al.*, (2023) e Guo *et al.*, (2020) trazem resultados satisfatórios relatados na literatura. A partir da análise de setenta e seis artigos que incluem descrições da metodologia no ensino superior, eles relatam o aprimoramento de habilidades individuais, de acordo com os cursos, e também habilidades fundamentais para todos os profissionais, como a capacidade de solucionar problemas, colaborar em equipe e aplicar o pensamento crítico. O envolvimento dos estudantes é identificado como uma consequência da metodologia, uma vez que os alunos se mostram interessados nos temas dos projetos e participam ativamente das discussões em sala de aula.

De acordo com Cunha *et al.*, (2018), os três critérios essenciais que promovem uma aprendizagem mais eficiente com ABPj são: (i) o processo de aprendizado se desenrola em um cenário onde os alunos estão completamente envolvidos na execução de atividades, nas quais eles obtêm retorno e avaliação tanto de seus colegas quanto de seus professores; (ii) os alunos contam com orientações e assistência de colegas, promovendo assim um processo educacional em várias direções que envolve outros estudantes, professores e monitores, diferente do ensino tradicional, que geralmente é unidirecional, indo apenas do professor para o estudante; e (iii) o estudante trabalha a partir de problemas reais.

Para implementação do ABPj, são identificados diferentes tipos de modelos, conforme explica Moran (2018): projetos dentro de cada disciplina, projetos integradores e projetos transdisciplinares. Os projetos realizados em cada disciplina frequentemente tratam de tópicos particulares, que são explorados ao longo de toda a duração da disciplina ou em prazos mais curtos. Os projetos integradores englobam múltiplas disciplinas, professores e áreas de conhecimento. Por último, projetos transdisciplinares geralmente lidam com tópicos complexos que envolvem conhecimentos de diferentes áreas, indo além das disciplinas separadas (Moran, 2018).

Moran (2018) introduz um conjunto de sete atividades que podem ser aplicadas na condução da ABP: atividades para motivação e contextualização; *brainstorming*; organização; registro e reflexão; atividades de melhoria de ideias; produção; e apresentação e/ou publicação. De acordo com o autor, as etapas iniciais envolvem o engajamento dos estudantes com o tópico em discussão, promovendo a discussão para a geração de ideias e perguntas de pesquisa. Posteriormente, os grupos de estudantes devem estruturar suas atividades, distribuindo as tarefas e responsabilidades, além de selecionar os recursos a serem empregados. As atividades envolvidas na implementação da ABP incluem a documentação necessária para fins de avaliação e reflexão sobre a qualidade dos resultados e procedimentos desenvolvidos. Além disso, envolvem pesquisas para tornar as ideias melhores e compartilhar boas práticas (Moran, 2018).

Bender (2014) aborda os elementos a serem contemplados na elaboração dos projetos a serem trabalhados com os alunos. De acordo com o autor, os professores deverão criar e empregar uma "âncora" como recurso para introduzir o tópico que será explorado pela ABPj. As "âncoras" podem consistir em breves narrativas de um ou dois parágrafos que descrevem um problema ou projeto a ser utilizado.

Um exemplo de aplicação da ABPj foi identificado em um estudo de caso recente (Garbin *et al.*, 2022), em que o semestre foi estruturado em 15 aulas, alternando entre atividades síncronas e assíncronas. Durante esse período, os alunos trabalharam em grupos em um projeto real, focando na análise e proposição de soluções para um sistema produtivo por meio de Simulação Computacional. Quatro entregas parciais foram realizadas ao longo do semestre, com discussões em sala de aula mediadas pela professora. Além disso, a professora forneceu *feedback* sobre as entregas parciais aos grupos, permitindo que eles fizessem correções para a entrega final do relatório.

Os resultados do modelo de ensino proposto foram coletados por meio de um questionário de autoavaliação de competências e analisados por meio de técnicas estatísticas, sendo observado que ocorreu uma melhoria significativa das competências avaliadas pelos estudantes após a aplicação do modelo. Esses resultados evidenciam que as Metodologias Ativas, como a Aprendizagem Baseada em Projetos, desempenham um papel importante no desenvolvimento das habilidades e atitudes dos estudantes. Além disso, as tecnologias digitais também se destacam ao facilitar o acesso e a compreensão dos conteúdos estudados (Garbin *et al.*, 2022).

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) é uma abordagem valiosa para a Gestão de Sistemas de Produção e Operações na Engenharia de Operações e Processos da Produção. Ao envolver os alunos em projetos práticos, ela os prepara para lidar com os desafios reais da gestão de processos produtivos, desenvolvendo habilidades cruciais para o sucesso profissional. A seguir, vamos explorar a importância da Gestão de Sistemas de Produção e Operações na Engenharia de Operações e Processos da Produção

2.2 Gestão de Sistemas de Produção e Operações na Engenharia de Operações e Processos da Produção

De acordo com a ABEPRO (2023), as disciplinas e campos de estudo associados à Engenharia de Produção que orientam a Graduação, Pós-Graduação, e a Pesquisa e as Práticas Profissionais são: Engenharia de Operações e Processos da Produção; Gestão da Cadeia de Suprimentos; Pesquisa Operacional; Engenharia da Qualidade; Desenvolvimento de Produtos; Engenharia Organizacional; Engenharia Econômica; Ergonomia e Engenharia do Trabalho; Engenharia da Sustentabilidade; Educação em Engenharia de Produção. Entre elas, a Engenharia de Operações e Processos da Produção é uma área de estudo que se dedica à concepção, análise, otimização e gestão de sistemas de produção complexos. Isso inclui a coordenação de recursos humanos, máquinas, materiais e informações, com o propósito de aprimorar a eficácia, a qualidade e o desempenho abrangente das operações industriais (Chase, 2006).

Dentro do campo da Engenharia de Operações e Processos da Produção, foi incluído as subáreas a seguir: Gestão de Sistemas de Produção e Operações; Planejamento, Programação e Controle da Produção; Gestão da Manutenção; Projeto de Fábrica e de Instalações Industriais: organização industrial, layout/arranjo físico; Processos Produtivos Discretos e Contínuos: procedimentos, métodos e sequências; Engenharia de Métodos (ABEPRO, 2024).

Krajewski *et al.* (2009) conceituam a gestão da produção como sendo responsável pelo planejamento, supervisão e coordenação das etapas envolvidas na transformação de matérias-primas em bens e serviços destinados a atender tanto às necessidades internas quanto externas dos clientes. Portanto, pode-se inferir que a gestão de operações desempenha um papel fundamental em todos os setores de uma

organização, pois é responsável por supervisionar e coordenar uma ampla variedade de processos. Qualquer que seja o campo de atuação de uma empresa, assim que ela estabelece quais produtos e serviços serão disponibilizados no mercado, torna-se necessário definir a estratégia de produção. Isso inclui a determinação dos procedimentos a serem adotados, a identificação dos recursos necessários, a avaliação da capacidade instalada para a execução desses procedimentos e a implementação de um sistema de controle abrangente para garantir que os resultados atendam às expectativas dos clientes (De Oliveira, 2020).

Para Lee (2018), a gestão das operações deve estar em constante interação com todas as demais áreas de uma empresa, e seu escopo deve abranger todas as ações requeridas para atender de maneira eficaz às demandas diárias dos clientes. A gestão de operações e serviços desempenha um papel essencial na gestão de qualquer organização, independentemente de seu tamanho ou área de atuação. Isso ocorre porque pode se tornar uma fonte de vantagem competitiva, desde que a empresa consiga alcançar a eficiência e eficácia desejadas em suas operações (De Oliveira, 2020).

A gestão de sistemas de produção e operações é notável por dois modelos amplamente reconhecidos: o Fordismo e o Sistema Toyota de Produção (Silva, 2023), conforme apresentados a seguir.

2.2.1 Fordismo e Sistema Toyota de Produção (STP)

Após a Segunda Guerra Mundial, o Fordismo trouxe um período de crescimento econômico notável para o sistema capitalista. Durante cerca de três décadas, a economia floresceu, mas eventualmente surgiram sinais de que esse modelo estava perdendo força. Esse modelo de administração foi objeto de investigações na área da gestão, pois introduziu inovações de grande importância para aumentar a produtividade (Paula; Paes, 2022). Nesse mesmo período, observa-se um notável crescimento econômico, tanto nos Estados Unidos quanto nas principais economias europeias. Esse crescimento foi comparável aos períodos de recuperação econômica após as guerras. Nesse período, acentuou-se não apenas o crescimento econômico, mas também o avanço da produtividade, um rápido aumento populacional, a introdução de novas tecnologias e uma maior globalização. Além

disso, houve um aumento no emprego, no consumo e na produção em massa (Moratti, 2020).

No começo do século XX, houve uma transformação na indústria automobilística dos Estados Unidos, liderada por Henry Ford. Ele trouxe a ideia revolucionária da linha de montagem para a fabricação de carros. Isso possibilitou a produção de um grande número de carros de uma só vez, resultando em maior produtividade e eficiência na fabricação. Dessa forma, tornou-se possível produzir carros em grande escala. A diminuição significativa nos valores dos carros os tornou mais econômicos para um público mais amplo (Almeida; Mota, 2019). O modelo de produção em massa de Henry Ford teve um impacto global significativo, levando à expansão de grandes indústrias em todo o mundo capitalista. As guerras desempenharam um papel importante no avanço tecnológico, o que contribuiu para a Era de Ouro do capitalismo. Esse foi um período marcado por um notável crescimento econômico e recuperação (Moratti, 2020).

A partir da década de 1970, o sistema de produção fordista começou a enfrentar uma crise estrutural, manifestada pela queda nas taxas de lucro e pelo aumento do desemprego estrutural decorrente da redução do consumo. No final da década de 1970, emergiu o modelo de produção pós-fordista, conhecido como Toyotismo. Nesse período, ocorreram mudanças importantes na linha de produção, com a aplicação de novas tecnologias tais como automação e robótica (Paula; Paes, 2022).

A Toyota não fazia uso dos termos "Lean" e "enxuto" quando se referia ao seu sistema de produção. Na realidade, essa era simplesmente a maneira como a pequena fabricante de automóveis e caminhonetes aprendeu a produzir seus produtos e abordar os desafios que enfrentava na década de 1940. Lidando com recursos financeiros limitados e um espaço de produção restrito, os fornecedores de autopeças eram desafiados a investir em fábricas e equipamentos em conjunto com a Toyota (Liker, 2021). Foi então que surgiu o STP, em uma época de grandes dificuldades para o Japão, que sofria com a falta de recursos, matéria-prima e estrutura, no período pós Segunda Guerra. Diante da situação e ambiente criado, ocorreu o surgimento de novos modelos de gestão, que estariam alinhados com a situação que se apresentava no momento. Trazendo a necessidade de restrição de insumos, após a devastação, a demanda por automóveis era bastante reduzida (Callefi, 2020).

Diante da escassez de recursos financeiros, a única alternativa viável para a Toyota era focar na eliminação de desperdícios. Nesse contexto, a Toyota começou a produzir baixos volumes de múltiplos modelos de veículos em uma única linha de produção. Ainda, devido à limitação de espaço para armazenamento, a empresa reduziu seus estoques, evitando a imobilização de recursos financeiros em produtos parados. Essas medidas contribuíram para a redução dos custos de produção e permitiram o acesso a recursos financeiros limitados (Liker, 2021).

Portanto, o Sistema Toyota de Produção (STP) se fundamenta em dois princípios essenciais: a eliminação de desperdícios e a fabricação de alta qualidade. Isso significa produzir sem falhas e realizar o trabalho corretamente desde o início, o que se traduz na redução dos desperdícios. A partir desses princípios, surgiu o conceito de produção enxuta, também conhecido como *Lean Manufacturing* (LM) (Ikeziri, 2020). Ela se baseou nos princípios do Sistema Toyota de Produção (STP) e na filosofia de produção enxuta, além das ideias do Fordismo.

A partir disso, foram desenvolvidas várias ferramentas e técnicas para melhorar a eficiência e eficácia na produção. Três dessas técnicas incluem o Kanban, o balanceamento de linha e a metodologia 5S, que serão descritas nas próximas seções. Embora o Fordismo não tenha desenvolvido diretamente o Kanban, o balanceamento de linha ou a metodologia 5S, suas influências na produção em massa e na busca por eficiência na produção tiveram impacto indireto na formação e adoção dessas técnicas posteriormente, especialmente no contexto do Sistema Toyota de Produção (STP). A seguir, o Quadro 2 auxilia na visualização organizada das principais informações sobre o Fordismo e o Sistema Toyota de Produção (STP).

No Sistema Toyota de Produção (STP) surge uma ferramenta crucial: o Kanban. Ele facilita a comunicação entre os processos cliente e fornecedor, assegurando que a produção seja orientada pela demanda real. Essa abordagem promove eficiência e qualidade na produção, em conformidade com os princípios do STP. A seguir, explora-se detalhadamente o papel do Kanban no contexto da gestão de processos produtivos.

Quadro 2 - Comparação entre Fordismo e Sistema Toyota de Produção (STP)

Características	Fordismo	Sistema Toyota de Produção (STP)
Período	Prosperou após a Segunda Guerra Mundial por cerca de três décadas.	Surgiu na década de 1970, como um novo modelo.
Inovações	Introduziu a ideia da linha de montagem para fabricação em massa.	Baseou-se na eliminação de desperdícios e alta qualidade na produção.
Sistema de produção	Em massa, com produção em grande escala de um grande número de carros.	Enxuta, com produção em baixos volumes, múltiplos modelos, redução de estoques.
Impacto Global	Expansão de grandes indústrias ao redor do mundo capitalista.	Contribuiu para o surgimento da filosofia de produção enxuta.
Crise Estrutural	Enfrentou uma crise estrutural com queda nas taxas de lucro e aumento do desemprego estrutural.	Surgiu em meio à crise do Fordismo e à escassez de recursos.
Tecnologias	Foco em mecanização	Ênfase na eficiência, eliminação de desperdícios (por meio de sistemas <i>Poka Yoke</i>)
Ferramentas e Técnicas	Desenvolveu o sistema em linha, utilizando a movimentação em esteiras.	Desenvolveu ferramentas como Kanban, balanceamento de linha, metodologia 5S.

Fonte: Autor (2024).

2.2.1.1 Kanban

No Sistema de Produção Puxada (SPP), são estabelecidos estoques delimitados conhecidos como "supermercados", um termo que faz analogia às prateleiras de supermercados, onde os produtos são repostos de acordo com a demanda dos clientes. O sistema Kanban é empregado para operacionalizar o SPP e é frequentemente associado a cartões, embora seja utilizado em diversas outras formas de aplicação, incluindo o Kanban eletrônico (E-KANBAN), contêineres coloridos, áreas demarcadas no chão ou paredes (Gayer, 2019).

A troca de informações entre as etapas do processo pode ser efetivamente estabelecida com o uso de Kanbans. Isso pode assumir diversas formas, incluindo cartões físicos, espaços designados no chão ou até mesmo mensagens eletrônicas que são automaticamente enviadas e utilizadas para controlar a produção. Os Kanbans desempenham o papel crucial de transmitir informações essenciais sobre a

demanda, incluindo o tipo e a quantidade de peças necessárias, bem como as instruções sobre onde e quando devem ser entregues (Fraga, 2020).

Portanto, o Kanban tem a finalidade de transmitir as necessidades do processo cliente ao processo fornecedor, atuando como um meio de comunicação simples e visual entre essas etapas. Embora frequentemente associado ou interpretado como cartões, esse conceito tem sido ampliado para englobar qualquer mecanismo de gestão visual utilizado para controlar e ajustar os estoques, além de indicar a necessidade de produção (Gayer, 2019).

A detecção das necessidades de aprimoramento no sistema Kanban pode ser efetuada por meio do controle visual, um elemento que contribui para a otimização da produção, a manutenção de ambientes organizados e limpos, e a implementação de um sistema de comunicação visual uniformizado. Porém, como qualquer melhoria implementada em um sistema de gestão da qualidade, a adoção do sistema Kanban requer uma mudança cultural dentro da organização. Isso implica na realização de treinamentos, reuniões e palestras para conscientização e estabelecimento de uma autodisciplina, tornando-se, assim, uma transição necessária (Silva, 2019).

O principal objetivo é otimizar o tempo de produção para atender à demanda de um sistema puxado. O tempo de produção é um dos fatores cruciais que impactam diretamente a qualidade do produto final, já que tem consequências significativas na entrega final do produto ao cliente, o que pode resultar em insatisfação por parte do cliente (Ziegler *et al.*, 2020).

Dessa forma, o Kanban é utilizado para viabilizar o sistema puxado, sendo este uma abordagem de gestão da produção na qual cada processo é subdividido em um ou mais subprocessos, denominados clientes e fornecedores ao longo da cadeia de valor, de modo que o cliente informa ao fornecedor quando o produto (ou subproduto) deve ser produzido e em que quantidade. Assim, nesse sistema, a política é produzir somente aquilo que é demandado, eliminando o excesso. Portanto, o processo fornecedor não produz nada a menos que o processo cliente tenha identificado uma necessidade específica (Liker *et al.*, 2019).

Além da técnica Kanban, a metodologia 5S também pode ser utilizada para apoiar a gestão da produção, conforme descrito a seguir.

2.2.1.2 5S

O programa 5S é uma metodologia que faz parte do Sistema Toyota de Produção, originada no Japão durante a década de 1960, com o propósito de promover melhorias nos ambientes das empresas. Nessa época, muitas empresas apresentavam problemas relacionados à sujeira e desorganização, e o 5S foi desenvolvido com o intuito de abordar essas questões, bem como eliminar desperdícios, prevenir acidentes de trabalho, aumentar a produtividade e aprimorar os processos empresariais. O 5S é baseado em cinco princípios-chave: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* (Neves, 2019).

O conceito de *Seiri*, relacionado à organização e utilização, envolve uma análise dos espaços de trabalho, onde os objetos são categorizados com base em sua relevância e frequência de uso. Além disso, essa prática inclui a remoção de itens desnecessários do ambiente de trabalho. A implementação desse princípio traz inúmeros benefícios para a empresa, tanto em termos de um ambiente de trabalho mais organizado, reduzindo os riscos de acidentes relacionados à desordem, quanto em relação à moral dos funcionários (Neves, 2019).

O *Seiton* está relacionado à ordenação de objetos, materiais e informações de maneira que permita um acesso rápido e fácil. Esse conceito preconiza que os itens que entram primeiro devem ser os primeiros a sair. A implementação desse senso traz diversos benefícios, como a redução dos riscos de acidentes de trabalho causados pela desorganização, a facilitação na localização rápida de documentos e materiais, a prevenção de desperdícios na compra de itens desnecessários e a promoção de um ambiente de trabalho mais organizado e agradável (Neves, 2019).

O conceito de *Seiso*, conhecido como senso de limpeza, vai além da simples remoção de sujeira ou poeira. É fundamental que cada indivíduo, ao utilizar um material ou equipamento, o deixe em condições adequadas para o próximo uso. Além disso, é essencial que todo tipo de resíduo seja descartado nos locais apropriados, pois nem sempre a área mais varrida é a mais limpa; a verdadeira limpeza envolve mais do que a remoção visível da sujeira. A implementação desse senso traz uma série de benefícios, como a prevenção de acidentes, a promoção de ambientes de trabalho mais limpos e seguros, a redução de desperdício, o menor impacto ambiental devido à redução da poluição e um controle mais eficaz na conservação de materiais (Neves, 2019).

O quarto conceito, *Seiketsu*, representa o senso de padronização e está relacionado à manutenção das condições de trabalho adequadas, tanto físicas quanto mentais, visando promover a saúde e o bem-estar. A padronização implica na manutenção de um foco constante na organização, arrumação e limpeza, exigindo a manutenção das práticas dos sentidos anteriores. Os benefícios são diversos, incluindo o equilíbrio tanto físico quanto mental dos colaboradores, a melhoria das relações interpessoais dentro da empresa, uma imagem empresarial mais positiva perante o público externo e um aumento na satisfação e motivação das pessoas envolvidas. Através da padronização, a empresa estabelece rotinas definidas e esforços contínuos para manter um ambiente de trabalho saudável e eficiente (Neves, 2019).

Por fim, temos o conceito de *Shitsuke*, que se refere ao senso de disciplina. Esse princípio envolve a construção de uma rotina constante de busca por melhorias, o auto aperfeiçoamento por meio da reeducação de hábitos e atitudes. É o último dos cinco sentidos e envolve a manutenção dos quatro sentidos anteriores, mesmo quando eles já foram implantados e estão funcionando bem, pois sempre há espaço para melhorias. A implementação do senso de disciplina demanda tempo e ação para que todos na organização o desenvolvam, uma vez que se trata da adoção de uma cultura e comportamento de autodisciplina. Os benefícios deste senso incluem o cumprimento consistente de procedimentos operacionais, a capacidade de autoanálise e a busca contínua por aperfeiçoamento, mantendo assim os quatro sentidos anteriores em funcionamento e promovendo uma equipe de colaboradores mais motivados e comprometidos com a excelência (Neves, 2019).

A implementação do programa 5S, com a aplicação dos cinco sentidos, desempenha um papel fundamental na transformação da cultura organizacional. Isso, por sua vez, resulta em inúmeros benefícios para o ambiente de trabalho. A mudança na cultura e no comportamento é um componente essencial para o sucesso da implementação de outros programas de qualidade dentro da organização. Manter o programa 5S ativo e eficaz requer a criação de um plano de manutenção que não se limite apenas à auditoria mensal, mas que inclua ações corretivas para garantir que os resultados desejados sejam alcançados e mantidos ao longo do tempo (Altenhofen *et al.*, 2018).

Após estabelecer um ambiente organizado, limpo e padronizado através da implementação do programa 5S, as empresas estão preparadas para otimizar ainda

mais seus processos de produção. Uma das ferramentas cruciais para alcançar essa otimização é o balanceamento de linha, que será abordado no tópico a seguir.

2.2.1.3 Balanceamento de Linha

De acordo com Tubino (2015), às linhas de montagem foram introduzidas por meio do modelo de produção implementado por Henry Ford, que na época estava substituindo a montagem artesanal. Sob essa abordagem, Ford conseguiu estandardizar as operações e introduzir um ritmo eficiente na linha de produção. Segundo Laugeni e Martins (2015), é possível caracterizar como uma linha de montagem uma série de tarefas que são supervisionadas e realizadas sequencialmente por operadores, podendo incluir ou não a assistência de máquinas. Nesse contexto, a busca pela otimização envolvendo a quantidade de operadores, o tempo de utilização das máquinas e as operações em si é referida como balanceamento de linha.

Lozada *et al.* (2017) explicam que o balanceamento de linha busca assegurar que as tarefas sejam distribuídas de maneira equitativa entre as estações de trabalho, de modo que todas elas levem o mesmo tempo para serem concluídas. Isso minimiza a ociosidade entre os postos de trabalho, conforme ressaltado por Aguiar *et al.* (2007). É crucial, como destacam esses autores, que o tempo necessário para realizar as operações em cada estação seja o mais uniforme possível, evitando atrasos e otimizando o uso da mão-de-obra. Além disso, os autores também enfatizam que um dos principais desafios no balanceamento de linha está em agrupar as operações de forma que tenham duração igual.

O balanceamento da linha de produção tem como objetivo alcançar um fluxo contínuo otimizado, eliminando os desperdícios que possam prejudicar a eficiência, especialmente em termos de longos tempos de espera. No entanto, é crucial que a distribuição das tarefas em cada estação de trabalho esteja alinhada com o tempo de ciclo adequado (Tapping, 2002). Assim, o balanceamento de linha representa uma ferramenta que, por meio de análises e cálculos, busca minimizar períodos de inatividade e aprimorar a eficácia, promovendo um fluxo de trabalho ininterrupto e aperfeiçoando a produtividade do processo (Moraes; Corso, 2023).

A seguir, o Quadro 3 auxilia na visualização organizada das principais informações sobre as técnicas Kanban, 5S e Balanceamento de Linha, conforme supracitadas.

Quadro 3 - Resumo das Técnicas de Produção: Kanban, 5S e Balanceamento de Linha

Técnica	Conceitos Principais
Kanban	a) utiliza "supermercados" como estoques delimitados; b) troca de informações por meio de Kanbans (cartões, E-KANBAN, etc.); c) objetivo de transmitir as necessidades do cliente ao fornecedor; d) otimização do tempo de produção para atender à demanda.
5S	a) envolve cinco princípios-chave: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke; b) transformação cultural e melhoria do ambiente de trabalho; c) promove organização, limpeza, padronização e disciplina; d) foca na eliminação de desperdícios, prevenção de acidentes e aumento da produtividade.
Balanceamento de Linha	a) busca distribuição equitativa de tarefas entre estações de trabalho; b) objetivo de tempo uniforme em cada estação; c) minimiza ociosidade e espera, otimizando o fluxo de trabalho; d) melhoria da eficiência da produção e satisfação do cliente.

Fonte: Autor (2024).

Após explorar a importância do balanceamento de linha na busca pela eficiência e otimização dos processos de produção, é fundamental compreender como a Pesquisa Operacional aprimora a tomada de decisões nesse contexto. A seguir é abordado sobre o campo da Pesquisa Operacional.

2.3 Pesquisa Operacional (PO)

De acordo com a ABEPRO (2023), a Pesquisa operacional (PO) é uma disciplina e campo de estudo associados à Engenharia de Produção que orientam a Graduação, a Pós-Graduação, a Pesquisa e as Práticas Profissionais. A resolução de problemas do mundo real que requerem decisões importantes é realizada por meio de modelos matemáticos que são normalmente processados por computadores. Ela envolve a aplicação de conceitos e métodos provenientes de diversas áreas científicas para projetar, planejar e operar sistemas com o objetivo de alcançar resultados desejados. Isso significa que busca trazer uma abordagem objetiva e fundamentada

à tomada de decisões, sem deixar de considerar os aspectos subjetivos e as particularidades organizacionais que frequentemente caracterizam esses problemas (ABEPRO, 2024).

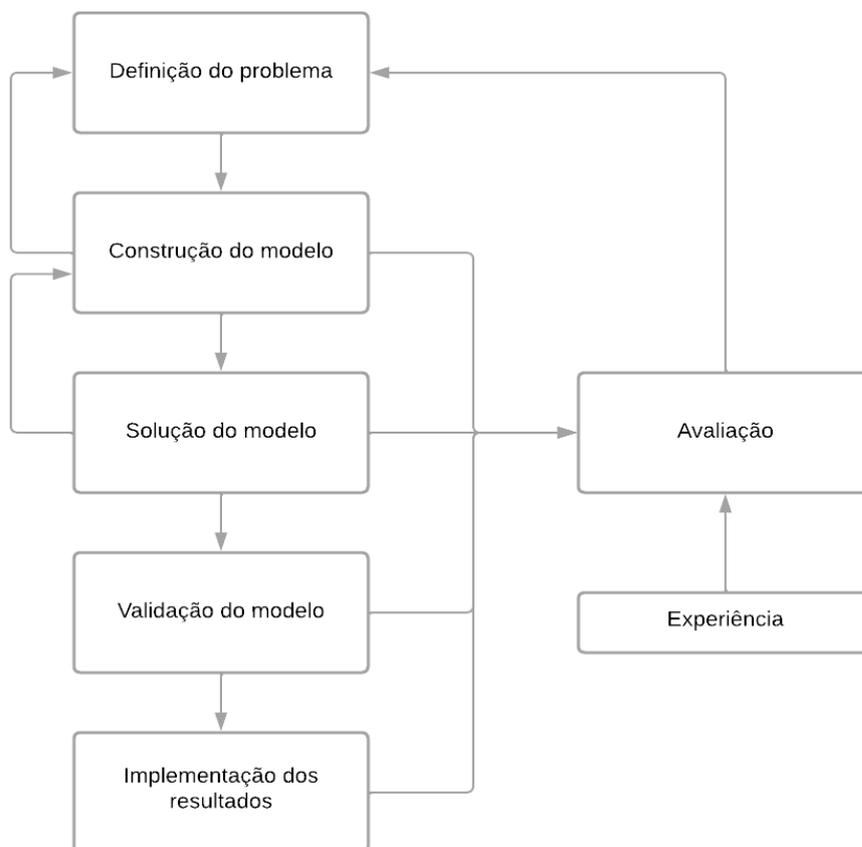
A Pesquisa Operacional teve suas raízes na Segunda Guerra Mundial, quando equipes de pesquisadores se reuniram para encontrar soluções eficazes para questões militares envolvendo a distribuição de recursos limitados, como a alocação de aviões, submarinos e radares para uma variedade de missões militares. Após o êxito dessas aplicações iniciais, e com o crescimento da economia após a guerra, os princípios e ferramentas desenvolvidos foram adotados tanto no ambiente acadêmico quanto no empresarial. Essas técnicas se espalharam para setores comerciais, industriais e governamentais, onde a alocação de recursos passou a abranger matérias-primas, força de trabalho e maquinaria (Marins, 2011). Foram estudados e criados modelos para solucionar desafios em diversos campos, como planejamento de produção, agricultura, logística de carga, programação e otimização de refinarias de petróleo, entre outros (Lopes *et al.*, 2022).

A Pesquisa Operacional é uma abordagem científica que auxilia na tomada de decisões, frequentemente empregada para otimizar lucros ou reduzir custos. Em sua essência, envolve a conversão de situações do mundo real em modelos matemáticos, que servem como alicerce para a análise.

Marins (2011) descreve que, um estudo de Pesquisa Operacional normalmente percorre seis etapas (Figura 1). A etapa 1 - Definição do problema - estabelece claramente os objetivos do estudo, identificando as várias opções de decisão disponíveis, bem como as limitações, restrições e requisitos do sistema em questão. Por sua vez, a etapa 2 - Construção do modelo - a partir da definição do problema, cria-se uma representação formal que espelha a situação em análise. Na etapa 3 - Solução do modelo - o foco está em encontrar a solução para o modelo criado. Para modelos matemáticos, isso envolve a escolha do algoritmo mais apropriado em termos de velocidade, capacidade de processamento e precisão. Na etapa 4 - Validação do modelo - um modelo é considerado válido se ele pode prever de forma aceitável o comportamento da situação. Normalmente, isso é testado com dados anteriores. Por conseguinte, na etapa 5 - Implementação dos resultados - a solução ideal obtida é transformada em diretrizes práticas e operacionais. Por fim, na etapa 6

– Avaliação – a experiência da equipe envolvida no estudo é empregada para avaliar e determinar a aplicabilidade da decisão tomada.

Figura 1 - Etapas da pesquisa operacional



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As técnicas de Pesquisa Operacional encontram aplicação em uma ampla gama de situações de tomada de decisão. Isso abrange desde a gestão do tempo em filas de bancos até a organização das filas de aviões em aeroportos. Além disso, a PO é útil para resolver questões relacionadas a estoques, planejamento de produção, composição de ingredientes para minimização de custos, logística de transporte, alocação de recursos humanos, problemas em redes de comunicação, distribuição de investimentos e programação de tarefas, entre muitos outros exemplos (Lopes *et al.*, 2022).

Existem várias técnicas essenciais na Pesquisa Operacional, duas delas têm sido amplamente utilizadas para resolver problemas em diversas áreas, são elas a Modelagem e a Simulação, frequentemente empregados para aprimorar processos e

facilitar a tomada de decisões em diversos setores (Hillier; Lieberman, 2013). Essas técnicas são descritas a seguir.

2.3.1 Modelagem e Simulação

O Departamento de Defesa dos Estados Unidos publicou um documento chamado "*Modeling and Simulation Body of Knowledge*" que reúne os principais conceitos relacionados à Modelagem e Simulação (Estados Unidos da América, 2008). De acordo com esse documento, Modelagem e Simulação são campos que englobam a criação e utilização de modelos e simulações, incluindo emuladores, protótipos, simuladores e estimuladores. O objetivo principal é construir uma base de dados que possa ser usada na gestão e tomada de decisões técnicas (Estados Unidos da América, 2008).

Com o intuito de tornar a compreensão de Modelagem e Simulação mais clara, é útil apresentar os conceitos desses termos separadamente. Antes de aprofundar no conceito de modelagem, é útil entender o que significa um modelo (Rossoni, 2006). É impossível separar a modelagem de um modelo, e essa relação é recíproca. Dessa forma, pode-se considerar um modelo como uma representação simplificada da realidade (Ackoff; Sasieni, 1971). Também é possível afirmar que um modelo é uma forma de representar a realidade com o propósito de facilitar a criação e avaliação de diferentes opções (Andrade, 1989).

Segundo Maria (1997), a modelagem é definida como "o processo de criar um modelo" e esclarece que um modelo é uma "representação de como um sistema de interesse é construído ou opera". A autora destaca que os modelos compartilham semelhanças com sistemas reais, mas são simplificações que permitem análise e tomada de decisões.

A literatura acadêmica, apresenta uma certa confusão entre os termos "modelagem" e "simulação". Isso é compreensível, pois uma simulação geralmente depende da criação prévia de um modelo (Rossoni, 2006). Maria (1997) define a simulação como "a operação de um modelo de um sistema". Em outras palavras, a Simulação é uma ferramenta que possibilita o estudo de sistemas reais ou teóricos, permitindo avaliar seu desempenho em diferentes configurações ao longo do tempo. Além disso, o conceito de Sistema é entendido como "um conjunto de partes que interagem e dependem uma das outras para formar um todo com um objetivo

específico e funções definidas" (Oliveira, 2002). Chwif e Medina (2015) acrescentam que um sistema "envolve uma relação de causa e efeito entre suas partes constituintes", e, portanto, essas interações precisam ser representadas nos modelos para que possam ser observadas por meio da simulação.

Ehrlich (1982) esclarece que a Simulação é uma abordagem usada para examinar o funcionamento de um sistema, através da criação de um modelo matemático que guarda semelhanças com o sistema real. Por outro lado, Silva (1996) percebe o modelo como um instrumento para testar suposições relacionadas ao valor de variáveis controladas. Da mesma forma, Jhonson, Newell e Vergin (1972) entendiam a simulação como a utilização de um modelo matemático, seja para representar a dinâmica de um sistema, seja para avaliar se seu desempenho se aproxima da realidade.

Maria (1997) destaca que a Modelagem e Simulação são valiosas em cenários onde a observação direta dos sistemas reais não é possível ou financeiramente viável. Ela também reconhece que os estudos que empregam essas técnicas oferecem benefícios, tais como a redução das chances de falhas, a otimização do uso de recursos e a melhoria do desempenho dos sistemas. Além disso, no contexto educacional, a Modelagem e Simulação podem facilitar o desenvolvimento de habilidades (Chernikova *et al.*, 2020; Zabala; Arnau, 2020).

A utilização da Simulação no âmbito educacional, embora não seja uma estratégia recente, tem ganhado destaque nas últimas duas décadas, impulsionada pelo avanço tecnológico (Smetana; Bell, 2012) e pelo reconhecimento da importância do desenvolvimento do Pensamento Computacional (Magana e Jong, 2018). Conforme apontado por Pazin Filho e Scarpelini (2007), o uso da simulação na educação está diretamente vinculado às tecnologias empregadas. Eles destacam que o uso de computadores amplia as possibilidades por meio da simulação virtual, a qual tem se mostrado atraente tanto para professores quanto para estudantes. No entanto, Filatro e Cavalcanti (2018) alertam que, apesar do avanço tecnológico ao longo do tempo, o uso de ambientes virtuais imersivos, que incluem simulação, ainda enfrenta limitações devido aos custos elevados de produção e manutenção de recursos tecnológicos digitais, bem como à necessidade de treinamento dos professores para sua utilização.

De acordo com Chernikova *et al.* (2020), a Simulação no ensino superior oferece aos estudantes uma abordagem mais próxima da prática, com referências em

sistemas reais, mas com menor complexidade e parâmetros controlados. Isso resulta em maior engajamento por parte dos estudantes e cria um ambiente propício para o desenvolvimento de habilidades, como o pensamento crítico, a resolução de problemas, a comunicação e o trabalho em equipe, conforme destacado pelos autores. Magana (2017) relata que, nos cursos de Engenharia, a Modelagem e a Simulação têm sido empregadas como ferramentas analíticas para apoiar a compreensão de fenômenos complexos. Smetana e Bell (2012) acrescentam que essas técnicas também têm sido utilizadas para aproximar a teoria dos processos de inovação, por meio da realização de experimentos práticos.

A seguir, o Quadro 4 apresenta uma síntese das principais informações sobre Modelagem e Simulação na Pesquisa Operacional.

Quadro 4 - Comparativo: Modelagem e Simulação na Pesquisa Operacional

Atributo	Modelagem	Simulação
Definição	Representação simplificada da realidade.	Ferramenta para estudar sistemas reais ou teóricos.
Objetivo principal	Facilitar a criação e avaliação de opções.	Avaliar o desempenho em diferentes configurações.
Benefícios	Redução de chances de falhas, otimização de recursos, melhoria do desempenho dos sistemas.	Desenvolvimento de habilidades, como pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe.
Uso na educação	Facilita o desenvolvimento de habilidades.	Oferece uma abordagem mais próxima da prática, com maior engajamento dos estudantes.
Uso no gerenciamento e tomada de decisão	Construção de uma base de dados.	Suporte à gestão e decisões técnicas.

Fonte: Autor (2024).

3 METODOLOGIA

A metodologia está dividida em três tópicos, a saber: contexto em que o trabalho é desenvolvido, método de pesquisa e método de trabalho. O contexto em que o trabalho é desenvolvido refere-se à descrição do ambiente no qual a pesquisa foi realizada, fornecendo informações essenciais para entender a relevância e a aplicabilidade do trabalho. O método de pesquisa caracteriza o estudo quanto à sua natureza, objetivo, abordagem e procedimento. E o método de trabalho, que é dividido em três etapas para a realização deste estudo.

3.1 Contexto do estudo

A criação da Fundação Universidade Federal do Pampa (Unipampa) foi uma iniciativa motivada pela demanda da comunidade da região da Campanha, no estado do Rio Grande do Sul. Essa demanda surgiu em Bagé e se alinhou com a iniciativa do governo federal de expandir e modernizar as instituições de ensino superior a partir da metade dos anos 2000. A Unipampa nasceu com a missão de contribuir para o desenvolvimento de uma vasta região que enfrentava desafios no acesso à educação básica e superior, conhecida como a "Metade Sul" do Rio Grande do Sul. Além disso, a universidade tinha o propósito de promover a integração e o progresso da região de fronteira com o Uruguai e a Argentina (Universidade Federal do Pampa, 2024).

Os líderes das cidades que compõem a Unipampa propuseram a criação desta instituição de ensino superior devido às condições específicas da região e à necessidade de oferecer educação superior de qualidade de forma gratuita. O atendimento a esse pedido foi oficializado em 27 de julho de 2005, durante um evento público realizado em Bagé, com a presença do então ex-presidente Luiz Inácio Lula da Silva (Universidade Federal do Pampa, 2024).

No dia 11 de janeiro de 2008, a Lei nº 11.640 teve a criação da Unipampa - Fundação Universidade Federal do Pampa. Em seu artigo 2º, a lei determina:

A Unipampa terá por objetivos ministrar ensino superior, desenvolver pesquisa nas diversas áreas do conhecimento e promover a extensão universitária, caracterizando sua inserção regional, mediante atuação multicampi na mesorregião Metade Sul do Rio Grande do Sul (Brasil, 2008, p. 1).

A Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) está presente em diversos municípios da região sul do Brasil, com campus em Bagé, Santana do Livramento, Alegrete, Uruguaiana, São Gabriel, Dom Pedrito, Itaqui, Jaguarão, Caçapava do Sul e São Borja. O campus que está localizado em Bagé, está situado na Microrregião da Campanha Meridional, fazendo fronteira com o Uruguai e compartilhando limites territoriais com diversos municípios, entre eles Dom Pedrito, Hulha Negra, Caçapava do Sul, Aceguá, Pinheiro Machado, Candiota e Lavras do Sul, desempenhando um papel central nessa área. De acordo com informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), Bagé está a aproximadamente 380 km da capital do estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, e possui uma extensão territorial de 4.090,360 km², com uma população estimada em cerca de 117.938 habitantes. A economia da cidade tem sua base na agropecuária, com ênfase na criação de gado, indústria frigorífica, produção de lã e comércio. No entanto, novas atividades econômicas, como o cultivo de arroz, soja, olivais, vitivinicultura, fruticultura e o turismo, estão gradualmente se destacando na região.

Além disso, dois outros setores econômicos têm ganhado destaque em Bagé. A cidade agora é reconhecida como um polo regional na área da saúde e na educação superior. Isso se deve à presença de quatro instituições de ensino superior presenciais: a Unipampa; uma universidade estadual (UERGS), uma faculdade privada (IDEAU) e um centro universitário (URCAMP). Além disso, há também um instituto federal (IFSul-Campus Bagé), que oferece uma variedade de cursos técnicos e superiores (Universidade Federal do Pampa, 2024).

Atualmente o campus oferta seis cursos de licenciatura, os quais são: Física, Letras - Línguas Adicionais Inglês, Espanhol e Respectivas Literaturas, Letras - Português e Literaturas de Língua Portuguesa, Matemática, Música e Química, e cinco cursos da área de Engenharia, Engenharia de Alimentos, Engenharia de Computação, Engenharia de Energia, Engenharia de Produção e Engenharia Química. Ainda ocorre no campus a oferta de cursos de pós-graduação lato sensu, sendo que estes não têm oferta fixa.

Dentro das opções de cursos disponíveis no Campus Bagé, encontra-se o curso de Engenharia de Produção. O propósito ao oferecer esse curso é capacitar profissionais competentes, prontos para desempenhar um papel significativo no desenvolvimento econômico, com foco especial na cidade e na região (Universidade Federal do Pampa, 2024).

Conforme a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2024), a área da Engenharia de Produção é responsável pelo planejamento, implementação, operação, aprimoramento e manutenção de sistemas integrados de produção de bens e serviços. Esses sistemas envolvem pessoas, materiais, tecnologia, informações e energia. Além disso, essa disciplina também tem a tarefa de especificar, prever e avaliar os resultados desses sistemas para a sociedade e o meio ambiente. Isso é feito com base em conhecimentos especializados de matemática, física, ciências humanas e sociais, bem como nos princípios e métodos de análise e projeto da engenharia (ABEPRO, 2024).

O Engenheiro de Produção possui uma ampla gama de oportunidades profissionais, que estão alinhadas com o atual panorama econômico da cidade e região. Essa região está passando por um processo de diversificação em suas atividades econômicas. Portanto, ao estruturar a formação dos estudantes, definir seu perfil e objetivos, o curso está atendendo às demandas de crescimento e desenvolvimento da cidade e região de acordo com as diretrizes institucionais estabelecidas (Universidade Federal do Pampa, 2024).

É importante destacar que, de acordo com o Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) da Unipampa para o período de 2019 a 2023, os cursos presenciais são orientados a incorporar em seus Projetos Pedagógicos de Curso (PPCs) elementos fundamentais juntamente com as diretrizes da instituição. Isso garante que a formação proporcionada pelo curso de Engenharia de Produção no Campus Bagé esteja em total harmonia com a missão e os objetivos da universidade (Universidade Federal do Pampa, 2024).

Recentemente, o curso passou por mudanças significativas em seu PPC. O Projeto Pedagógico de Curso (PPC) da Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa apresenta uma abordagem substancialmente diferente em relação às versões anteriores, que datam de 2006 e 2014. Essa reformulação foi motivada por princípios como o aumento da oferta de disciplinas eletivas, a inclusão de matérias mais focadas na profissionalização, ajustes nos pré-requisitos, uma distribuição mais equilibrada das disciplinas ao longo dos semestres e uma ênfase no desenvolvimento de habilidades e competências dos estudantes. Além disso, a incorporação da extensão, conforme estabelecido pela Resolução nº 7 de dezembro de 2018 do Ministério da Educação (MEC) e pela Resolução nº 317 de abril de 2021 do Conselho

Universitário da Unipampa (CONSUNI), desempenhou um papel fundamental na revisão do PPC (Universidade Federal do Pampa, 2024).

Em sua nova formulação, encontra-se uma ampla diversidade de componentes curriculares que abordam conteúdos de diversas áreas, sendo uma delas a pesquisa operacional, na qual se destaca o componente curricular Modelagem e Simulação Computacional, que para Lopes (2022) a simulação é uma abordagem que visa criar modelos de sistemas, representando uma situação real. Isso permite que os administradores tomem decisões com base nos resultados obtidos ao modificar esse modelo.

A simulação é amplamente empregada para avaliar o impacto de mudanças planejadas pelos tomadores de decisão. Além disso, é especialmente útil quando os problemas envolvem incertezas, tornando difícil a aplicação de modelos analíticos. A simulação destaca-se por sua capacidade de representar hipóteses sobre um problema ou sistema, tornando-se a ferramenta mais versátil dentro do campo da pesquisa operacional (Evans e Olson, 2002).

O PPC traz para a componente curricular Modelagem e Simulação Computacional a seguinte emenda:

Teoria das Filas: conceitos e modelos de filas. Simulação de Sistemas Discretos: conceitos, método de Monte Carlo, método de Simulação, Modelagem, Coleta e tratamento de dados, implementação computacional de modelos de Simulação, dimensionamento de corridas e análise de resultados (PPC, 2023, p. 173).

Além disso, o PPC traz para a componente curricular Modelagem e Simulação Computacional objetivo geral e os seguintes objetivos específicos:

Objetivo geral: “Ao final do componente o discente é capaz de aplicar Teoria das Filas, modelar e simular sistemas discretos” (PPC, 2023, p. 173).

Objetivos específicos:

- Compreender os conceitos de Teoria das Filas. – Aplicar modelos de Filas.
- Compreender os conceitos de Simulação de Sistemas Discretos. – Aplicar o método de Monte Carlo para Simulação. – Aplicar o método de Simulação.
- Modelar sistemas para Simulação. – Aplicar técnicas e ferramentas para coleta e tratamento de dados para Simulação. – Implementar os modelos de Simulação computacionalmente. – Analisar o dimensionamento de corridas e resultados da Simulação (PPC, 2023, p. 173).

3.2 Classificação da pesquisa

De acordo com Gil (2017), a pesquisa pode ser definida como “o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo fornecer respostas aos problemas que são propostos” (Gil, 2017, p. 17). A pesquisa se torna necessária quando há informações desorganizadas ou quando não se tem dados suficientes para resolver um problema. O processo de pesquisa abrange várias etapas, desde a identificação do problema até a apresentação dos resultados. Para atingir esse objetivo, o pesquisador utiliza seu conhecimento, aplica métodos e técnicas disponíveis. Além disso, para que a pesquisa seja bem-sucedida, o pesquisador deve levar em consideração os recursos humanos, materiais e financeiros necessários para sua realização (Gil, 2017).

A pesquisa é uma atividade organizada e lógica, portanto, é fundamental planejar todas as etapas com antecedência. Esse planejamento, seguindo a abordagem da Teoria Geral dos Sistemas, envolve quatro elementos principais: o processo, a eficiência, os prazos e as metas (Gil, 2017).

No contexto desse planejamento, a pesquisa se concretiza por meio da criação de um projeto, que é um documento que descreve as ações a serem realizadas durante o processo de pesquisa. Esse projeto deve definir os objetivos da pesquisa, explicar por que ela está sendo realizada, determinar como a pesquisa será conduzida e estabelecer os métodos para coletar e analisar os dados. Além disso, o projeto deve apresentar um cronograma para guiar o desenvolvimento da pesquisa e indicar os recursos humanos, materiais e financeiros necessários para garantir o sucesso da pesquisa (Gil, 2017).

O presente estudo, quanto à sua natureza, é uma pesquisa aplicada, que segundo a definição de Gil (2010), é um tipo de investigação que tem como objetivo adquirir novos conhecimentos e aplicá-los em uma situação específica. No que diz respeito aos objetivos, a pesquisa é considerada exploratória, pois visa aprimorar a compreensão de um problema, tornando-o mais acessível, ou a desenvolver hipóteses Gil (2010). No presente trabalho, busca-se explorar a metodologia ativa, especificamente a aprendizagem baseada em projetos, com o intuito de desenvolver e aplicar uma abordagem inovadora em sala de aula. Utilizando peças de montar como ferramenta, o objetivo é aplicá-las em sala de aula com a proposta de auxiliar

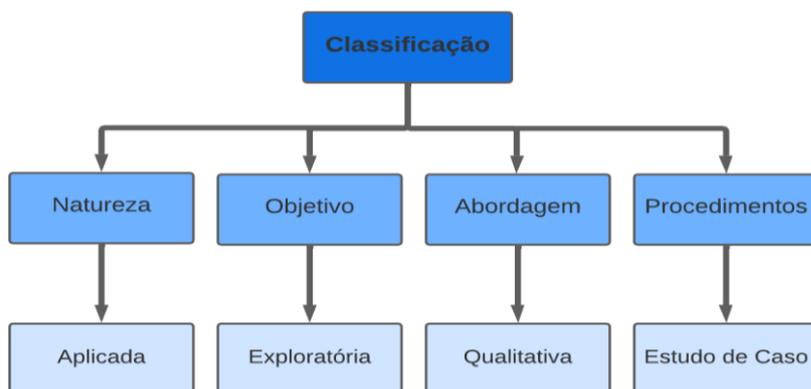
tanto alunos quanto professores no componente curricular de simulação e modelagem computacional.

Para assegurar a qualidade dos dados coletados na pesquisa, é fundamental compreender como esses dados foram obtidos. Portanto, o presente estudo se enquadra na categoria de pesquisa qualitativa, que de acordo com Creswell e Creswell (2021), a pesquisa qualitativa é uma abordagem que se concentra na exploração e compreensão do significado que indivíduos ou grupos atribuem a um problema social ou humano. A pesquisa qualitativa é um processo que abrange questões, métodos de coleta de dados, análise e interpretação, resultando na elaboração de um relatório de pesquisa flexível (Creswell; Creswell, 2021). Com base na definição apresentada, o presente estudo coletará dados por meio de questionário estruturado respondido pelas pessoas envolvidas no processo. Além disso, será realizada a observação direta do pesquisador durante o processo.

Segundo Gil (2017), o planejamento de uma pesquisa inclui aspectos como os princípios metodológicos, a definição dos objetivos, o contexto da pesquisa e a escolha das técnicas de coleta e análise de dados. Portanto, este trabalho se caracteriza como um estudo de caso, seguindo a definição de Yin (2013). Um estudo de caso envolve uma análise aprofundada de um evento atual, conhecido como 'caso', dentro do contexto do mundo real, especialmente quando não é simples diferenciar entre o evento e o ambiente ao redor. Segundo Gil (2017), várias etapas podem ser seguidas para conduzir uma pesquisa de estudo de caso, que incluem: 1) Formulação do problema; 2) Definição da unidade-caso; 3) Determinação do número de casos; 4) Elaboração do protocolo; 5) Coleta de dados; 6) Avaliação e análise dos dados; 7) Preparação do relatório.

A Figura 2 apresenta a classificação do presente estudo.

Figura 2 - Classificação da pesquisa

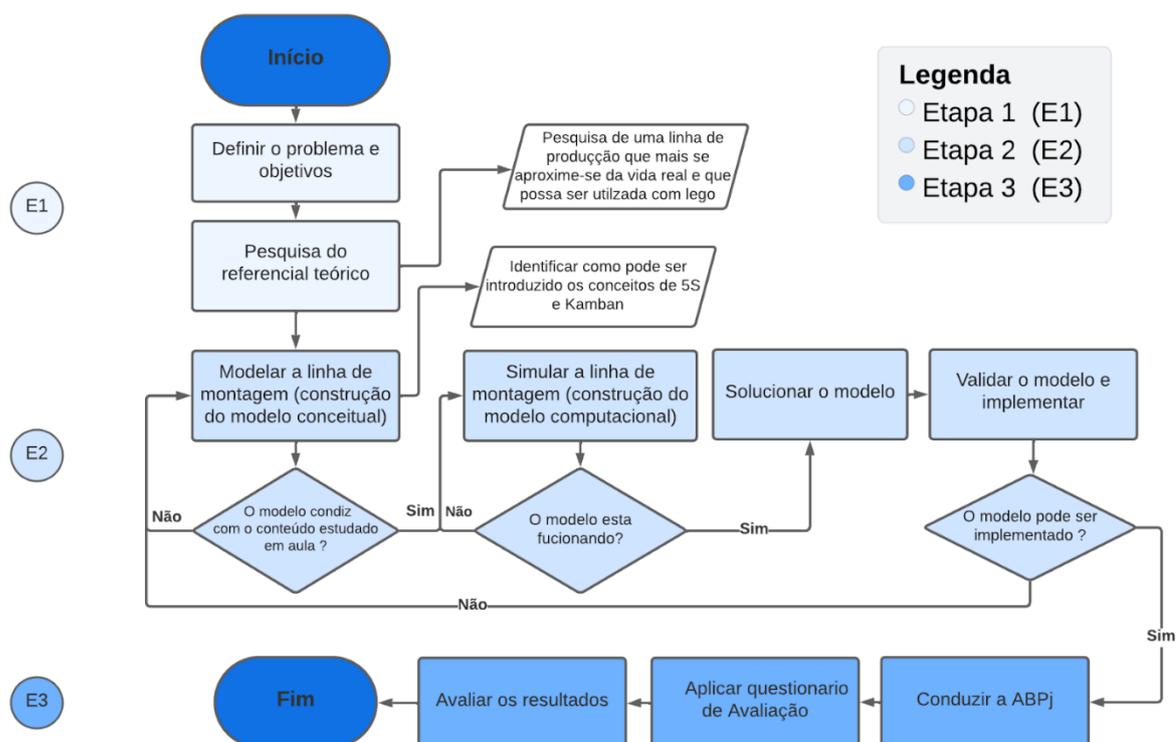


Fonte: Autor (2024).

3.3 Método de trabalho

Neste tópico, de acordo com a estrutura do estudo de caso, descreve-se os procedimentos metodológicos que orientaram a condução deste estudo, conforme ilustrado na Figura 3. Esses procedimentos envolvem as etapas da pesquisa e a abordagem geral que sustentou o estudo.

Figura 3 - Etapas do método de trabalho



Fonte: Autor (2024).

Nesse sentido, os procedimentos metodológicos deste trabalho se dividem nas seguintes etapas: Na primeira etapa (E1), identificou-se a oportunidade de contribuir para a componente curricular Simulação e Modelagem Computacional, considerando possíveis problemas, desafios e oportunidades de melhoria. Definiu-se o problema e os objetivos, incluindo tanto o objetivo geral quanto os específicos, e também se estabeleceu o tema para o trabalho. Durante a pesquisa para embasar o estudo e se obter uma melhor compreensão a respeito do tema da pesquisa e desenvolver o referencial teórico, investigou-se uma linha de produção que se assemelhasse à realidade, aplicável com peças de montar. Nesse contexto, foram apresentados alguns conceitos fundamentais, tais como metodologias de ensino e aprendizagem ativas, ensino na engenharia, aprendizagem baseada em projetos, gestão de sistemas de produção, pesquisa operacional e modelagem e simulação.

Na segunda etapa (E2), por meio de informações obtidas na revisão da literatura, ocorreu a elaboração do planejamento e construção do modelo conceitual e do modelo computacional, bem como a busca por soluções para o modelo e sua validação. Durante a construção do modelo conceitual, identificaram-se formas de introduzir os conceitos de 5S e Kanban, por meio de artigos encontrados na revisão da literatura. Em seguida, iniciou-se a modelagem da linha de produção, passando por 5 revisões, que estão apresentadas no Quadro 7, até que estivesse adequada para avançar para a próxima etapa.

No que diz respeito à construção do modelo computacional, a modelagem foi realizada com o auxílio do *software* ARENA e também passou por revisões até estar pronta para o próximo passo. Para encontrar soluções para o modelo, esse foi executado no *software* de maneira adequada, e foram realizadas análises de soluções para o mesmo. Após esse processo, continua-se com a validação do modelo. É essencial efetuar a validação do modelo para assegurar que a modelagem esteja realmente adequada e de acordo com a ideia inicial.

Na terceira e última etapa (E3), ocorre a validação do modelo, conduzida de acordo com as orientações de Moran (2018) sobre a implementação da aprendizagem baseada em projetos (ABPj). Moran (2018) introduz um conjunto de sete atividades que podem ser aplicadas na condução da ABPj: atividades para motivação e contextualização; *brainstorming*; organização; registro e reflexão; atividades de melhoria de ideias; produção; e apresentação e/ou publicação. Durante esse

processo, foi realizado o acompanhamento e análise do andamento da implementação da metodologia.

Após a conclusão da implementação, aplicou-se um questionário de avaliação aos alunos, apresentado no Apêndice - A, seguido de uma análise dos resultados obtidos no questionário, juntamente com possíveis mudanças para aprimorar a metodologia. Os acadêmicos foram questionados sobre sua percepção em relação à metodologia aplicada e sua eficácia. Para realizar essa avaliação da metodologia pelos acadêmicos, desenvolveu-se um questionário com base nos questionários criados por Garbin (2022) e por Bonatti *et al.* (2019). Nesses questionários, os estudantes avaliaram seu nível de concordância em uma escala de Likert de cinco pontos. O questionário também permitiu aos estudantes expressar suas opiniões sobre a metodologia, identificando seus pontos fortes, fracos e áreas de melhoria. De forma complementar, são aplicados os questionários de autoavaliação de competências desenvolvido por Garbin (2022), apresentados nos Anexos 1 e 2.

4 RESULTADOS

Durante a pesquisa de embasamento, foram identificadas abordagens nas linhas de produção, algumas que envolviam a utilização de peças de montar para a simulação. Além disso, foram encontrados estudos que, embora não fizessem uso direto de peças de montar, apresentavam possíveis aplicações que poderiam utilizar-se desses componentes. Os Quadros 5 e 6 apresentam as informações sobre algumas das linhas de montagem analisadas:

Quadro 5 - Linhas de produção (com peças de montar)

Título	Autores	Linha Proposta
Validação de modelo de simulação por meio de quatro parâmetros: estudo de uma linha de montagem controlada	Gabriel <i>et al.</i> (2018)	Montagem de karts
Jogos didáticos no ensino da linha de balanço	Oliveira <i>et al.</i> (2019)	Construção de uma casa
Análise estatística do progresso do aluno sobre conceitos de engenharia de produção com o uso de dinâmica de ensino	Martins <i>et al.</i> (2019)	A MIB se baseia em uma dinâmica utilizada pelo grupo ALCOA (atual PKC Group), adaptada ao cenário acadêmico.
Proposta de jogo educativo de simulação da gestão da produção: a árvore de lego	Vicêncio <i>et al.</i> (2019)	Árvore de LEGO sob quatro configurações

Fonte: Autor (2024).

Quadro 6 - Linhas de produção (sem peças de montar)

Título	Autores	Linha Proposta
Aplicação da simulação computacional no balanceamento de uma linha de montagem do setor automotivo	Golendziner e Lemos (2020)	Linha de montagem de uma empresa do setor automotivo
Projeção de uma linha de montagem de retrovisores aplicando simulação a eventos discretos	Pereira <i>et al.</i> (2020)	Linha de montagem de espelhos retrovisores automotivos
Simulação computacional aplicada a uma linha de montagem de uma empresa automobilística	Filho e Bachega (2017)	Linha de montagem de eixos traseiros de uma montadora de automóveis

Fonte: Autor (2024).

Após analisar cada uma dessas abordagens, optou-se por utilizar como referência o trabalho intitulado "Linha de montagem de eixos traseiros de uma montadora de automóveis", apresentado no Quadro 6. Embora este trabalho não envolva diretamente a montagem de peças, observou-se que sua proposta se aproxima mais do contexto do mundo real. Além disso, utilizou-se o trabalho intitulado "Análise estatística do progresso do aluno sobre conceitos de engenharia de produção com o uso de dinâmica de ensino", apresentado no Quadro 5, para abordar conceitos como Sistemas Produtivos, 5S e Kanban.

Dando continuidade ao estudo, foi iniciada a elaboração do eixo com as peças de montar. Após três revisões, todas realizadas com o auxílio da orientadora, foi decidido o modelo que melhor atendia aos requisitos estabelecidos: uma montagem que não fosse complexa, com poucas peças diferentes, um número de peças não muito alto e que pudesse ser trabalhada dentro do tempo de aula.

Após a validação do modelo, deu-se início à fase de testes de montagem, onde foi analisado se seria possível sua aplicação para os alunos, como ficaria a divisão dos processos e se era necessária alguma modificação na estrutura. Na primeira fase, contou-se com a ajuda da orientadora, e, após verificar-se que não seriam necessárias alterações na estrutura da montagem, passou-se para a segunda fase.

A segunda fase teve a participação de seis alunos que se dispuseram a participar da avaliação, com esse grupo de alunos, a dinâmica de aplicação em aula foi simulada e aplicada. As revisões são descritas no Quadro 7.

Quadro 7 - Revisão da linha de montagem

(continua)

Nº	Revisão	Descrição
1	Elaboração do eixo com peças de montar	Com a participação da orientadora, identificou-se que o número de peças estava muito alto. Foi sugerida uma redução de 50% do total utilizado.
2	Elaboração do eixo com peças de montar	Com a participação da orientadora, identificou-se que ainda poderia ser reduzido o número de peças e facilitar a estrutura da montagem, pois estava um pouco complexa para ser trabalhada em sala.
3	Elaboração do eixo com peças de montar	Após seguir as sugestões feitas, foi iniciada a terceira montagem, utilizando-se outros modelos de peças e reduzindo o número de peças diferentes. A avaliação foi conduzida pela orientadora, que aprovou a nova montagem.

(conclusão)

Nº	Revisão	Descrição
4	Montagem do eixo	Após a validação do eixo, foi realizada a montagem, analisando se estava adequada para ser trabalhada em sala. O processo de montagem foi definido nesta etapa e as operações foram cronometradas.
5	Montagem do eixo	A última revisão foi realizada com um grupo de 6 alunos que se disponibilizaram a participar da avaliação. Com isso, obteve-se a última avaliação antes de aplicá-la em sala.

Fonte: Autor (2024).

Para aplicar a dinâmica junto aos alunos, foi necessário elaborar um plano de aula detalhado, apresentado no Apêndice B. Esse plano inclui uma rubrica de avaliação da dinâmica em sala de aula, apresentada no Apêndice C. Na rubrica, estão listados seis critérios avaliativos, cada um com uma nota máxima de um ponto. Essa nota máxima é dividida por três e multiplicada pela pontuação atribuída, que varia de 0 a 3, totalizando uma pontuação máxima de seis pontos quando somados todos os critérios, resultando em uma pontuação final máxima de seis pontos. Os critérios da rubrica estão apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 - Critérios e descrições da rubrica

(continua)

Descrição dos critérios			
Nº	Nota máxima	Critério	Descrição
1	1	Resolução de problemas	Observar como os alunos lidam com desafios e obstáculos durante a montagem do eixo traseiro, incluindo sua capacidade de identificar problemas, buscar soluções e implementar melhorias.
2	1	Organização e planejamento	Avaliar a capacidade dos alunos de planejar e organizar o processo de montagem, incluindo a distribuição de tarefas, o sequenciamento das etapas e o gerenciamento do tempo.
3	0,5	Trabalho em equipe	Avaliar a capacidade dos alunos de colaborar efetivamente em grupo, compartilhar responsabilidades, resolver conflitos e alcançar objetivos comuns durante a atividade de montagem.
	0,5	Comunicação	Avaliar a clareza e eficácia da comunicação entre os membros do grupo durante a atividade, incluindo a capacidade de expressar ideias, ouvir os colegas e fornecer <i>feedback</i> construtivo.

(conclusão)

Descrição dos critérios			
N°	Nota máxima	Critério	Descrição
4	1	Aplicação dos conceitos de sistemas produtivos,	Avaliar em que medida os alunos aplicam os conceitos de sistemas produtivos durante a montagem do eixo traseiro, incluindo técnicas de otimização de processos e fluxo de trabalho.
5	1	Aplicação dos conceitos do 5S	Avaliar em que medida os alunos aplicam os princípios do 5S (<i>seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke</i>) para organizar o ambiente de trabalho e melhorar a eficiência durante a montagem do eixo traseiro.
6	1	Aplicação dos conceitos do Kanban	Avaliar em que medida os alunos aplicam os princípios do <i>Kanban</i> para visualizar e controlar o fluxo de trabalho durante a montagem do eixo traseiro.

Fonte: Autor (2024).

O plano de aula descreve todas as atividades a serem realizadas, incluindo a descrição completa das peças, dos processos e dos três tipos de modelos de montagens. Além disso, oferece instruções claras sobre a montagem de cada processo em diferentes modelos, juntamente com o fluxograma específico de cada modelo. Todo esse material servirá como um recurso útil para orientar futuros professores interessados em aplicar a dinâmica em suas aulas, proporcionando uma experiência enriquecedora para os estudantes.

Para uma análise mais aprofundada dos três modelos propostos, foi realizada uma coleta de dados com cronometragem de cada processo. Foram feitas 20 aferições de tempo de montagem em cada processo, conforme apresentado no Apêndice D. Esses dados foram inseridos no *software* Arena, utilizando a ferramenta *Input Analyzer* disponível na plataforma. A ferramenta fornece o tipo de distribuição estatística que melhor se adequa aos dados, além de outras informações, como erro quadrático e expressão. Essas informações foram fundamentais no processo de modelagem computacional. As coletas dos tempos e a análise feita no *Input Analyzer* podem ser vistas no Apêndice E.

4.1 Modelos computacionais dos processos de montagem

Nesta subseção são descritos os procedimentos para construção do modelo computacional.

4.1.1 Configurações da simulação

A simulação computacional abrangeu a simulação dos três modelos propostos no plano de aula, utilizando o *software* Arena. Os resultados das simulações são apresentados no Apêndice F. Para exemplificar a modelagem e construção dos modelos computacionais, utilizou-se o modelo 1.

Antes de iniciar a montagem do modelo computacional, foram realizadas algumas configurações nos Parâmetros de replicação e no *Reports*. Essas configurações permanecem as mesmas para os modelos 1, 2 e 3. A simulação foi realizada com uma replicação, tendo a duração de 1 hora, que também correspondeu à jornada de trabalho simulada. As configurações dos parâmetros de replicação e *reports* estão apresentadas nas Figuras 4 e 5.

Figura 4 - Parâmetros da replicação

Executar Setup

- Velocidade da Simulação
- Controle da Simulação
- Reports
- Parâmetros de Projeto
- Parâmetros da Replicação**
- Array Sizes
- Arena Visual Designer

Estabelece as opções relacionadas a opções de replicação do modelo atual. As configurações incluem o número de replicações a serem simuladas, a duração das replicações, a data e hora de início, duração do warm-up, unidades de tempo, e tipo de inicialização a ser adotado entre as replicações.

Parâmetros de Replicação

Número de Replicações:

Data e Hora de Início:

Período de Warm-up: Hours

Duração da Replicação: Hours

Horas por Dia:

Condição de Parada:

Unidade de Tempo Base:

Fonte: Autor (2024).

Figura 5 - Parâmetros de *reports*

Executar Setup

Personalizar as configurações de relatório para o modelo atual.

Apresentar o Relatório Padrão no Final da Simulação

Sempre
 Nunca
 Alertar

Relatório Padrão: SIMAN Summary Report

Apresentar Relatório Resumido do SIMAN(arquivo .out) Usando:

notepad.exe

Base de Dados de Relatório

Desabilitar Geração da Base de Dados

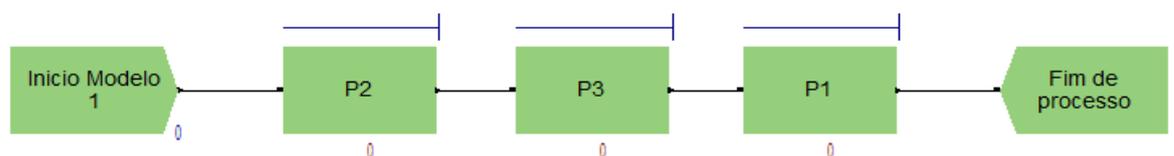
Fonte: Autor (2024).

Na subseção a seguir são apresentadas as etapas de configuração do modelo computacional 1.

4.1.2 Modelo 1

A Figura 6 exemplifica o diagrama do processo no *software* Arena. Foram utilizados os elementos *Create* (Figura 7), *Process* (Figura 8) e *Dispose* (Figura 9) para representar as operações do processo de montagem.

Figura 6 - Modelo computacional modelo 1



	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Expression	Report Statistics	Comment
1	P2	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Value Added	13.1 + WEIB(5.07, 1.92)	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	P3	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Value Added	20 + 9 * BETA(1.24, 1.18)	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	P1	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Value Added	45 + 13 * BETA(0.829, 1.55)	<input checked="" type="checkbox"/>	

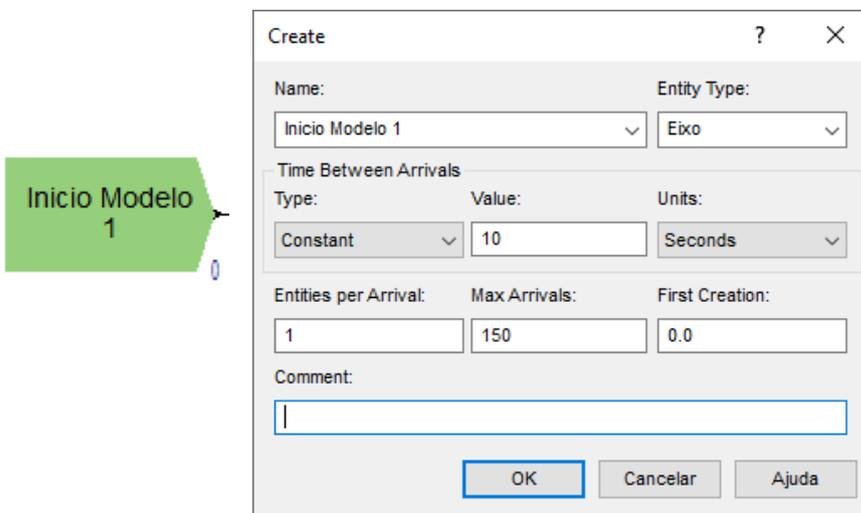
Fonte: Autor (2024).

Iniciou-se a construção do modelo ao adicionar uma caixa de início, denominada *Create*, a qual foi configurada da seguinte maneira:

- a) tipo de distribuição: Utilizou-se uma expressão para determinar as chegadas no início do processo, ou seja, uma função constante, onde a cada intervalo de tempo (10 s), um eixo chegava para montagem;
- b) tempo médio de chegada: O tempo necessário para que um eixo chegue à linha de montagem, foi estabelecido como 10 segundos;
- c) unidade de tempo utilizada: Utilizou-se a unidade (segundos), tempo que corresponde ao intervalo médio de chegada;
- d) limite de entidades criadas: Devido à versão utilizada do Arena permitir apenas um número limitado de entidades criadas, estabeleceu-se um limite de 150 entidades.

A seguir, a Figura 7 apresenta a caixa *Create* e como estão dispostos os parâmetros de configurações da caixa.

Figura 7 - Caixa de início



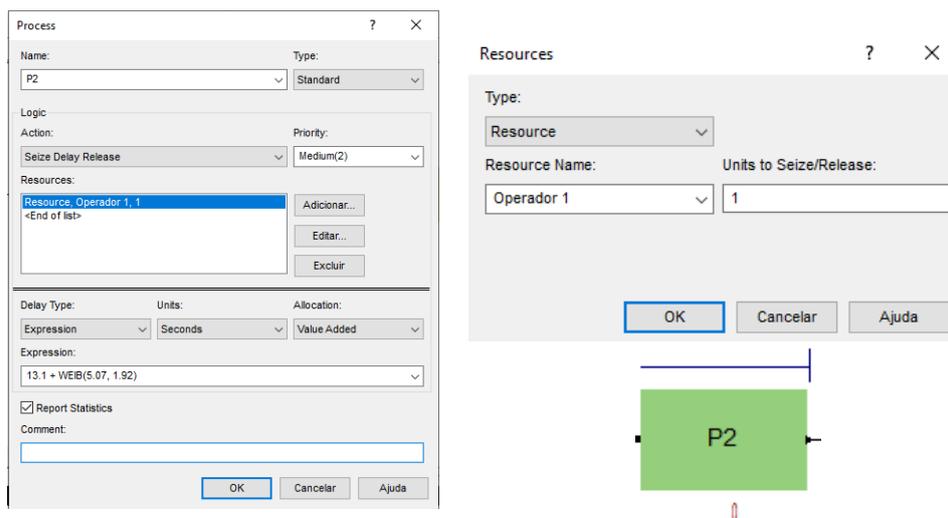
Fonte: Autor (2024).

Na sequência, foram definidos os parâmetros das caixas de processos, que seguia as seguintes configurações:

- a) nome do processo: seguiu-se o nome de cada processo de acordo com o modelo conceitual;
- b) expressão utilizada na distribuição de probabilidade: essa expressão foi obtida por meio da ferramenta *Input Analyzer*;
- c) unidade de tempo utilizada: utilizou-se a unidade (segundos), tempo que corresponde à montagem do processo;
- d) recurso: no caso desse modelo o recurso era o número “x” de operadores e quantas montagens ele faz. Para isso, foi utilizada uma montagem para todos os operadores.

Por sua vez, a Figura 8 apresenta a caixa *Process* e como estão dispostos os parâmetros de configurações da caixa.

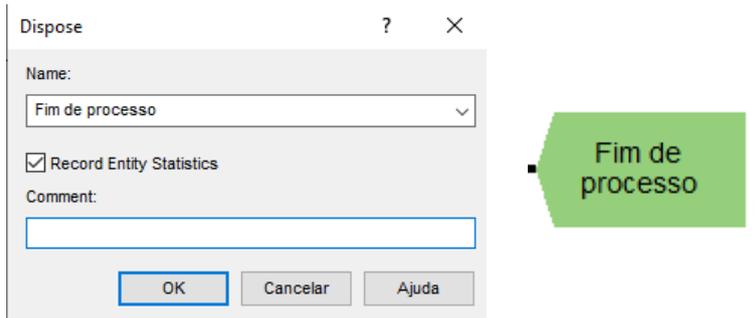
Figura 8 - Caixa de processo



Fonte: Autor (2024).

Por fim, adiciona-se uma caixa de *Dispose* no final de todo o processo, conforme ilustrado na Figura 9, que apresenta a caixa *Dispose* e os parâmetros de configuração definidos para ela.

Figura 9 - Caixa de chegada



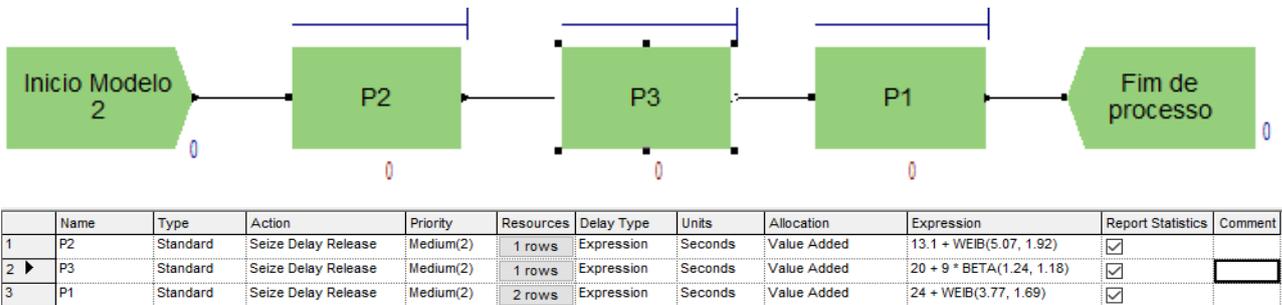
Fonte: Autor (2024).

Os modelos 1 e 2 seguem o mesmo padrão de configurações das caixas de *Create* e *Dispose*, as mudanças estão presentes nas caixas de *Process*, pois em cada modelo utilizou diferentes tipos de configurações.

4.1.3 Modelos 2 e 3

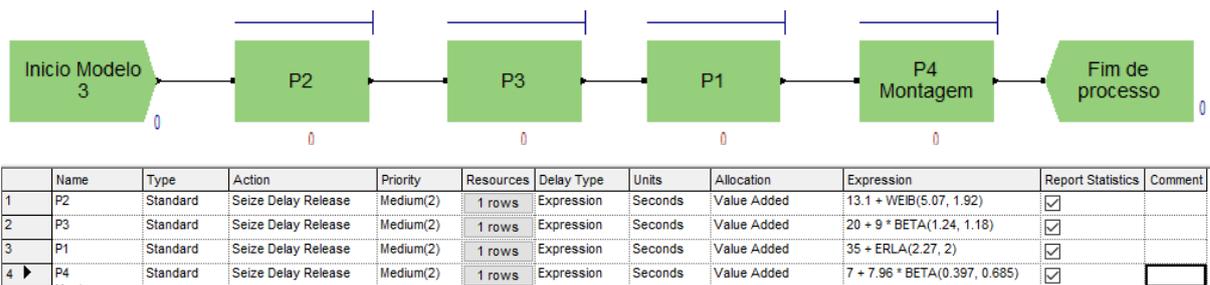
As Figuras 10 e 11 apresentam os modelos 2 e 3, além dos parâmetros configurados para cada processo.

Figura 10 - Modelo computacional modelo 2



Fonte: Autor (2024).

Figura 11 - Modelo computacional modelo 3



Fonte: Autor (2024).

4.2 Resultados das simulações

Após desenvolver as modelagens computacionais, as simulações foram executadas para obter um relatório padrão (*SIMAN Summary Report*) e realizar análises desses resultados para possíveis mudanças nos processos, assim como analisar os cenários com tais alterações. Após uma análise dos relatórios obtidos, percebeu-se que não era necessário utilizar todos os parâmetros disponibilizados, sendo assim, foram utilizados os seguintes parâmetros: *Eixo.TotalTime* (Tempo total do processo); $(p(x)Queue.WaitingTime$ (tempo de espera na fila $P(x)$); *Operador(x).Utilization* (Utilização do Operador (x)); *Eixo.NumberIn* (Número de produtos de entrada); *Eixo.NumberOut* (Número de produtos de saída).

Neste contexto, o modelo 1 apresenta os seguintes resultados, conforme demonstrado no Quadro 9.

Quadro 9 - Resultado da simulação do modelo 1

Modelo 1		
Descrição	Valor	Unidade
<i>Eixo.TotalTime</i> Lead time	1476.7	Média
<i>P1.Queue.WaitingTime</i> Tempo de espera na fila	893.59	Média
<i>P2.Queue.WaitingTime</i> Tempo de espera na fila	585.55	Média
<i>P3.Queue.WaitingTime</i> Tempo de espera na fila	476.48	Média
<i>Operador 1.Utilization</i> Índice de ocupação do recurso	73,93	%
<i>Operador 2.Utilization</i> Índice de ocupação do recurso	99,55	%
<i>Operador 3.Utilization</i> Índice de ocupação do recurso	98,89	%
<i>Eixo.NumberIn</i> Produtividade	150	Unidades
<i>Eixo.NumberOut</i> Produtividade	71	Unidades

Fonte: Autor (2024).

Com a análise desses parâmetros, percebeu-se que o tempo médio de espera na fila na operação P1 era muito alto em relação a P2 e P3. Também foi observado que, das 150 unidades que entraram no processo, apenas 71 saíram, resultando em 79 unidades perdidas, um valor mais alto do que as peças que saíram, essa diferença indica um problema significativo na eficiência do processo. Então optou-se por adicionar mais um operador à operação P1 para analisar como seria o cenário com tal alteração. Essa mudança é refletida no Modelo 2 (Quadro 10), que apresentou os seguintes resultados com a simulação.

Quadro 10 - Resultado da simulação do modelo 2

Modelo 2		
Descrição	Valor	Unidade
<i>Eixo.TotalTime</i> Lead time	1196.1	Média
<i>P1.Queue.WaitingTime</i> Tempo de espera na fila	189.72	Média
<i>P2.Queue.WaitingTime</i> Tempo de espera na fila	575.45	Média
<i>P3.Queue.WaitingTime</i> Tempo de espera na fila	498.56	Média
<i>Operador 1.Utilization</i> Índice de ocupação do recurso	73,49	%
<i>Operador 2.Utilization</i> Índice de ocupação do recurso	99,55	%
<i>Operador 3.Utilization</i> Índice de ocupação do recurso	98,89	%
<i>Operador 4.Utilization</i> Índice de ocupação do recurso	98,89	%
<i>Eixo.NumberIn</i> Produtividade	150	Unidades
<i>Eixo.NumberOut</i> Produtividade	129	Unidades

Fonte: Autor (2024).

Com os dados do Modelo 2, é possível observar as mudanças significativas que ocorreram após a adição de um quarto operador à operação P1. Os resultados

do Modelo 2 mostram uma grande redução no tempo de espera na fila em P1, que caiu de 893.59 para 189.72, indicando uma melhoria na eficiência dessa etapa específica. Essa redução demonstra que a adição do operador teve o efeito desejado de agilizar o fluxo de trabalho nessa parte crucial do processo.

Além disso, apesar das variações nos tempos de espera em P2 e P3, os valores médios permaneceram relativamente estáveis em comparação com o Modelo 1, sugerindo uma consistência operacional nesses pontos.

A produtividade geral do processo também aumentou consideravelmente, saltando de 71 unidades para 129 unidades. Isso indica uma melhor utilização dos recursos disponíveis e uma redução no desperdício de tempo e unidades. Embora a utilização dos operadores dois, três e quatro, permaneçam altas, não houve um aumento significativo na utilização geral dos recursos, o que sugere que a adição do quarto operador foi bem equilibrada em relação à demanda do processo.

Em síntese, os resultados do Modelo 2 confirmam que a adição do operador à operação P1 foi uma decisão acertada, resultando em melhorias na eficiência operacional e na produtividade geral do processo.

Por fim, o Modelo 3 foi simulado para analisar uma configuração diferente do processo de montagem do eixo. Nessa configuração, foi adicionado mais um posto de trabalho, a operação P4 (Montagem), totalizando não mais três operações, mas sim quatro. Vale ressaltar que, nos Modelos 1 e 2, a montagem completa do eixo era realizada na última operação, P1. No Modelo 3, a montagem final é realizada por quem está no posto P4 (Montagem). No Quadro 11 são apresentados os resultados do modelo 3.

Quadro 11 - Resultado da simulação do modelo

(continua)

Modelo 3		
Descrição	Valor	Unidade
<i>Eixo.TotalTime</i> Lead time	1378.5	Média
<i>P1.Queue.WaitingTime</i> Tempo de espera na fila	672.34	Média
<i>P2.Queue.WaitingTime</i> Tempo de espera na fila	563.16	Média

(conclusão)

Modelo 3		
Descrição	Valor	Unidade
<i>P3. Queue.WaitingTime</i> Tempo de espera na fila	501,53	Média
<i>P4 Montagem. Queue.WaitingTime</i> Tempo de espera na fila	0	Média
<i>Operador 1. Utilization</i> Índice de ocupação do recurso	72,89	%
<i>Operador 2. Utilization</i> Índice de ocupação do recurso	99,55	%
<i>Operador 3. Utilization</i> Índice de ocupação do recurso	98,89	%
<i>Operador 4. Utilization</i> Índice de ocupação do recurso	24,85	%
<i>Eixo.NumberIn</i> Produtividade	150	Unidades
<i>Eixo.NumberOut</i> Produtividade	89	Unidades

Com base na análise do Modelo 3, pode-se observar que a adição de um quarto posto de trabalho na operação P4 (Montagem) trouxe melhorias significativas em relação aos modelos anteriores. Houve uma redução notável no tempo de espera na fila em todas as operações, refletindo uma melhoria na eficiência do processo. Além disso, o tempo de espera na fila em P4 foi eliminado, sugerindo uma distribuição mais equilibrada da carga de trabalho ao longo do processo.

Apesar desses pontos positivos, há alguns aspectos negativos a serem considerados. Nota-se que a baixa utilização do Operador 4 levanta preocupações sobre a eficiência do uso de recursos humanos no processo. Além disso, embora a produtividade geral do processo tenha aumentado em relação ao Modelo 1, houve uma redução em comparação com o Modelo 2. Isso indica que ainda há espaço para melhorias na otimização da produtividade.

A escolha do melhor modelo depende dos objetivos e das prioridades do processo em questão. O Modelo 2 trouxe melhorias significativas em relação ao Modelo 1, com uma redução impressionante no tempo de espera na fila em P1 após

a adição de um operador. Além disso, houve um aumento notável na produtividade geral do processo.

No entanto, o Modelo 3 também apresentou melhorias importantes, como a eliminação do tempo de espera na fila em P4 (Montagem) e uma redução geral no tempo de espera em todas as operações. Embora a produtividade geral do processo tenha sido menor do que a do Modelo 2, o Modelo 3 demonstra uma distribuição mais equilibrada da carga de trabalho ao longo do processo.

Portanto, a escolha entre o Modelo 2 e o Modelo 3 dependerá das prioridades específicas do processo, como a minimização do tempo de espera, a maximização da produtividade ou a otimização do uso de recursos. Observa-se que a análise de diferentes cenários permite aos estudantes praticarem seus conhecimentos sobre processos produtivos, assim como o desenvolvimento de habilidades essenciais aos engenheiros, como o pensamento analítico, sistemático e crítico e a tomada de decisão.

4.3 Validação com voluntários

Para a última revisão da dinâmica, foi realizada uma validação com um grupo de quatro alunos que se disponibilizaram a participar. Com isso, obteve-se a avaliação final antes de aplicá-la em sala. A validação ocorreu no dia 25 de maio de 2024, na sala 1306, localizada nas instalações da Unipampa. Na Figura 12 são apresentados os discentes voluntários. Por sua vez, no Quadro 12 é apresentada uma descrição dos mesmos, tais como, o ano de ingresso, curso, carga horária, e a respectiva função na dinâmica.

Ao selecionar alunos em diferentes etapas do curso, buscou-se verificar se diferentes níveis de conhecimento poderiam impactar no aproveitamento pelos discentes. Essa diversidade de níveis permite uma análise mais abrangente da eficácia da dinâmica, uma vez que alunos em fases iniciais e finais do curso podem ter perspectivas e dificuldades distintas. Assim, a validação com um grupo diversificado garante que a dinâmica seja adequada e eficaz para todos os níveis de conhecimento presentes na turma.

Figura 12 - Discentes voluntários



Fonte: Autor (2024).

Quadro 12 - Descrição dos discentes voluntários

Voluntário N°	Ingresso em	C.H	Curso	Função
1	2021/01	1290h	Engenharia de Produção	Operador 1
2	2022/01	570h	Engenharia de Produção	Operador 2
3	2019/01	1995h	Engenharia de Energia	Operador 3
4	2020/01	1935h	Engenharia de Alimentos	Repositor
5	2023/01	330h	Engenharia de Produção	Cronômetro
6	2024/01	0h	Engenharia da Computação	Fotógrafo

Fonte: Autor (2024).

4.3.1 Preparação da sala

Antes do início da dinâmica, a sala foi organizada e preparada para receber os voluntários (Figura 13). Como modelo de teste, utilizou-se o Modelo 1 do plano de aula, onde a organização da sala correspondia a esse modelo. Foram utilizadas partes do plano de aula coladas nas mesas de processo e reposição, para auxiliar os participantes sobre a dinâmica, além de disponibilizar cópias impressas para cada um. Também foram utilizadas fitas coloridas para fazer marcações e delimitar espaços, potes plásticos para depositar peças de estoque, e, por fim, foram impressas demais

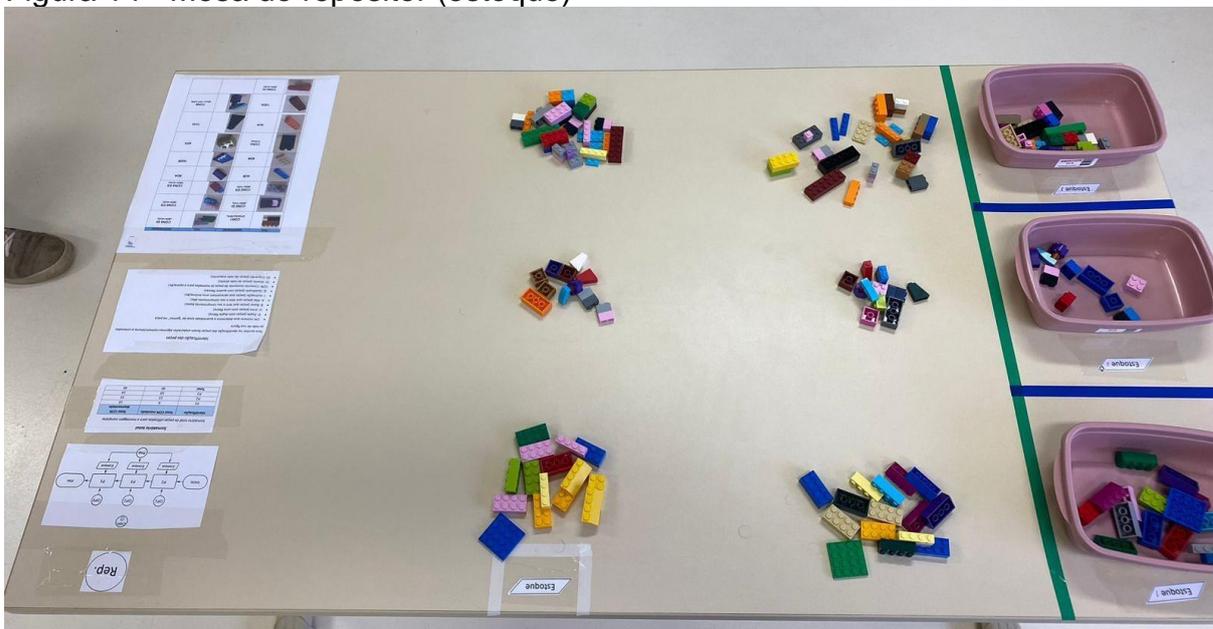
informações para auxiliar na dinâmica. Nas Figuras 13, 14, 15 e 16 são apresentadas a organização da sala.

Figura 13 - Sala da validação



Fonte: Autor (2024).

Figura 14 - Mesa do repositor (estoque)



Fonte: Autor (2024).

Figura 15 - Mesa do operador 3 (P1)



Fonte: Autor (2024).

Figura 16 - Mesas dos operadores 1 (P2) e 2 (P3)



Fonte: Autor (2024).

4.3.2 Dinâmica

Com a sala organizada e preparada, deu-se início à dinâmica. No primeiro momento, foram apresentados a metodologia proposta e o plano de aula, e explicou-se como a dinâmica seria executada (Figura 17). Em seguida, foram tiradas as dúvidas dos participantes, e cada voluntário foi direcionado ao seu posto de trabalho, onde foi explicado como sua função seria desempenhada. Foram demonstradas duas simulações de teste para os voluntários e, em seguida, foram realizadas cinco rodadas de teste para assegurar que eles haviam compreendido suas funções e identificar se ainda havia alguma dúvida. Após as rodadas de teste, deu-se início à dinâmica com a cronometragem de cada tempo para a coleta de dados.

Figura 17 - Instruções sobre a dinâmica



Fonte: Autor (2024).

Nas figuras 18, 19 e 20 apresentadas como são passadas as instruções sobre a dinâmica para os operadores e repositor. Na figura 21 é apresentado o responsável pela coleta de dados e como ela é feita, no Quadro 23 são apresentados os dados coletados.

Figura 18 - Instruções sobre a dinâmica para operador 3



Fonte: Autor (2024).

Figura 19 - Instruções sobre a dinâmica para os operadores



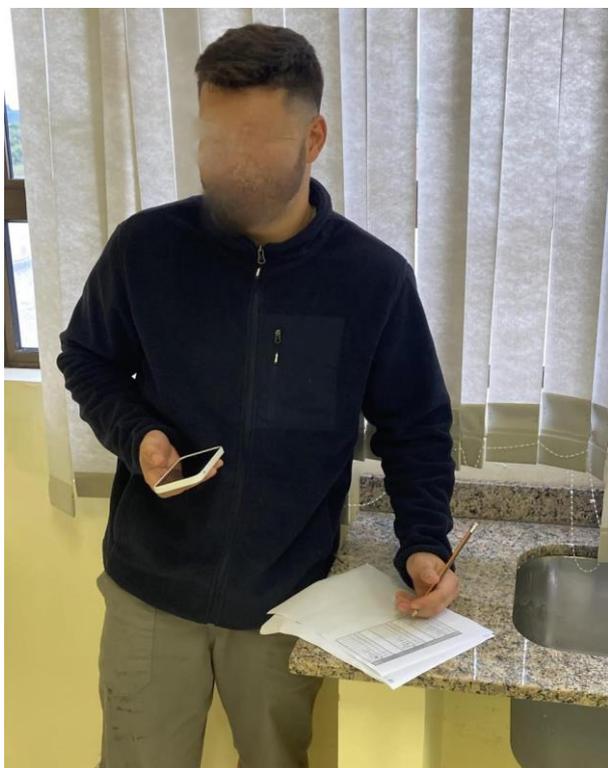
Fonte: Autor (2024).

Figura 20 - Instruções sobre a dinâmica para o repositor



Fonte: Autor (2024).

Figura 21 - Coletas de dados (tempos)

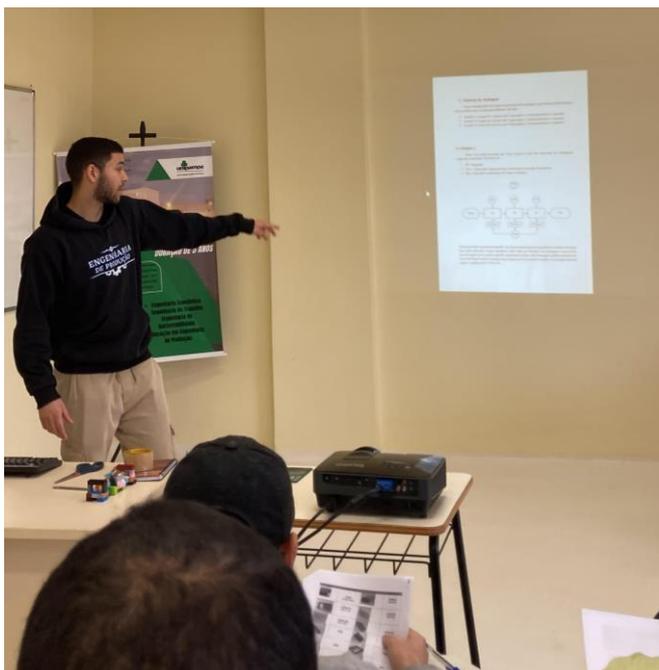


Fonte: Autor (2024).

4.3.3 Fim da dinâmica

Após o fim da coleta de dados, que totalizou 20 amostras de tempos (Quadro 13), os voluntários voltaram para seus lugares, onde foram feitas as considerações sobre a dinâmica (Figura 22) e suas percepções foram coletadas. Por fim, foi aplicado o questionário de avaliação (Figura 23) da dinâmica proposta (Apêndice A).

Figura 22 – Considerações sobre a dinâmica



Fonte: Autor (2024).

Figura 23 – Aplicação dos questionários



Fonte: Autor (2024).

Quadro 13 - Coleta de dados

Coleta de dados							
Processo			Processo			Processo	
P3			P2			P1	
Amostra	Valor		Amostra	Valor		Amostra	Valor
1	1:20		1	1:37,8		1	1:33
2	29,7		2	29,8		2	44
3	26		3	55,9		3	50
4	50,2		4	50,1		4	1:09
5	45,2		5	24,9		5	34,6
6	24,5		6	29,8		6	30,8
7	22,5		7	18,17		7	27
8	27,5		8	19,2		8	32
9	18		9	15,25		9	50
10	20		10	22		10	56
11	30		11	12		11	57
12	24		12	23		12	59
13	23		13	23		13	34
14	20		14	19		14	55
15	21		15	29		15	32
16	29		16	15		16	37
17	22		17	22		17	34,8
18	17		18	21		18	39,5
19	16		19	17		19	34,2
20	20		20	18		20	35,9

Fonte: Autor (2024).

4.3.4 Análise dos resultados dos questionários

Os resultados dos questionários estão apresentados no Quadro 14, onde os voluntários indicaram suas respostas com um "x" conforme a escala de Likert descrita a seguir.

1. Não concordo totalmente
2. Não concordo parcialmente
3. Indiferente
4. Concordo parcialmente
5. Concordo totalmente

Quadro 14 - Resultado total da escala de Likert

Descrição	Escala				
	1	2	3	4	5
1. O sistema produtivo estudado facilitou a compreensão de conceitos abordados no curso de Engenharia de Produção.	0	0	0	2	4
2. A experiência de aprendizagem possibilitou relacionar a teoria e a prática.	0	0	0	1	5
3. A experiência vivenciada motivou para o seu aprendizado.	0	0	0	2	4
4. Gostaria de vivenciar essa experiência de aprendizagem em outros componentes curriculares.	0	0	0	1	5
5. Aprendeu os conteúdos e competências previstas no componente curricular.	0	0	0	0	6

Fonte: Autor (2024).

Por meio da análise dos questionários aplicados aos voluntários, foram analisados fatores como: pontos fortes e fracos, sugestões e comentários dos voluntários. Por fim, foram feitas algumas observações que podem ser observadas ao longo da dinâmica.

Pontos fortes:

- a) a dinâmica demonstrou eficazmente o funcionamento de uma montagem em linha e a identificação de possíveis gargalos durante a execução das tarefas;
- b) destacou-se a importância de identificar e superar esses gargalos para melhorar a eficiência dos processos, resultando em economia de tempo e dinheiro para a empresa;
- c) contribuiu para o aprimoramento do espírito de equipe, enfatizando a importância da colaboração e comunicação entre os membros;
- d) evidenciou a padronização do processo, utilizando POP (Procedimento Operacional Padrão), como uma maneira de tornar o processo mais produtivo e eficiente.

Pontos fracos:

- a) necessário um pouco mais de esforço para compreender como realizar as etapas de montagem;
- b) uma única pessoa responsável por anotar os tempos de execução pode ser insuficiente e sobrecarregada;
- c) a tarefa de anotar e cronometrar simultaneamente pode levar a erros na coleta de dados, devido à sobrecarga de responsabilidades em uma única pessoa;
- d) a falta de experiência da pessoa responsável pelo estoque pode resultar em dificuldades no início da dinâmica, afetando o fluxo de trabalho;
- e) algumas imagens do POP (Procedimento Operacional Padrão) de montagem podem não estar suficientemente claras, dificultando o entendimento das etapas do processo.

Sugestões:

- a) adicionar um segundo operador no estoque para demonstrar os eixos enquanto o outro organiza os estoques, permitindo uma melhor distribuição de tarefas e facilitando a execução do processo;

- b) colocar um papel em cada recipiente do estoque com as quantidades exatas de peças que devem ser colocadas em cada pote, proporcionando uma referência clara e precisa para os operadores durante a montagem;
- c) realizar uma revisão e atualização das imagens no POP (Procedimento Operacional Padrão) de montagem, com o objetivo de melhorar a compreensão visual das etapas do processo.

Comentários dos voluntários:

Um dos voluntários afirmou que "o experimento é perfeito para processos produtivos e gargalos, identificando pontos para aumentar a eficiência de produção de qualquer empresa". Esse efeito pode ser constatado quando os discentes observam acúmulo de estoque em processo, sinalizando uma operação gargalo, posteriormente investigada pela simulação computacional. Outros voluntários também elogiaram o sistema, destacando seu impacto positivo no aprendizado em sala de aula. Um deles comentou que "esse sistema pode ser fundamental para o aprendizado dos alunos em sala de aula". Outro reforçou que foi uma "excelente atividade onde podemos colocar em prática todo o conteúdo da nossa área que é a engenharia de produção como: padronização, mapeamento e processo de linha de produção". Além disso, foi mencionado que a "atividade muito bem elaborada e desenvolvida traz uma interação muito prazerosa do aluno com o conteúdo". No entanto, dois voluntários não deixaram comentários sobre o sistema.

Observações sobre a dinâmica:

A dinâmica foi muito prazerosa de se aplicar para os voluntários. No começo, durante a apresentação da dinâmica, onde foi apresentado todo o plano de aula, bem como uma explicação sobre metodologias ativas e sobre a componente de simulação computacional, os voluntários se mostraram bastante atentos e focados no que era dito. Quando se passou para a parte de explicar o que cada um faria na sua função, surgiram algumas dúvidas, as quais foram sanadas.

Ao iniciar a dinâmica, alguns voluntários apresentaram dificuldades. Por exemplo, o repositor, que não tinha experiência com o eixo proposto, se atrapalhou um pouco no começo, acarretando em peças diferentes em lotes que não eram

dessas. Os voluntários responsáveis por montar o corpo do eixo, no início, estavam mais lentos e deixavam algumas peças caírem, além de terem feito três montagens erradas. O responsável pela coleta de dados também teve dificuldade no início, pois precisava anotar e cronometrar simultaneamente os tempos, o que exigiu mais montagens para conseguir o número de 20 aferições que lhe foi proposto.

Conforme a dinâmica se desenvolvia, ocorreu o aperfeiçoamento dos operadores e do repositor, que não cometeram mais erros e diminuíram o *lead time*, como pode ser visto no Quadro 13. Notou-se que seria indicado colocar mais um operador para ajudar na coleta de dados e adicionar mais um repositor com o intuito de desmontar os eixos prontos, para que o outro repositor apenas os organizasse nos potes de estoque. Isso porque foi necessária a ajuda de quem estava aplicando a dinâmica para auxiliar nessa questão do estoque.

Vale ressaltar que, ao longo da dinâmica, foram explicados os conceitos de gargalo, teoria das filas, POP (Procedimento Operacional Padrão) e sobre processos produtivos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) proporcionou uma experiência enriquecedora e desafiadora, resultando em resultados que refletem o comprometimento e a dedicação ao longo do processo. Por meio do estudo e implementação de uma linha de montagem didática com peças modulares, foi possível explorar e aplicar metodologias ativas de ensino no contexto da Engenharia de Produção, mais especificamente na disciplina de Modelagem e Simulação Computacional.

O principal objetivo foi criar um ambiente de aprendizado dinâmico e interativo, que permitisse aos alunos vivenciarem na prática os conceitos teóricos abordados em sala de aula. No entanto, não foi possível aplicá-lo em sala de aula devido às enchentes e à paralisação das aulas. Como solução, decidiu-se utilizar a validação com voluntários, que a princípio seria uma fase de testes antes da aplicação em sala de aula.

Por meio das atividades propostas aos voluntários, observou-se um aumento significativo na participação e no engajamento, bem como uma melhor compreensão dos processos produtivos e das ferramentas de simulação. A experiência prática demonstrou ser uma ferramenta eficaz para o ensino de conceitos complexos, permitindo que os alunos identificassem e resolvessem problemas de maneira colaborativa e criativa. Além disso, o uso de peças modulares proporcionou um ambiente de aprendizagem flexível e adaptável às diferentes necessidades e níveis de conhecimento dos alunos.

Os retornos obtidos por meio dos questionários aplicados aos voluntários confirmaram a eficácia da metodologia utilizada. Os participantes destacaram a relevância e a aplicabilidade do sistema desenvolvido, além de reconhecerem a importância de práticas inovadoras no ensino da Engenharia de Produção.

Este trabalho contribuiu significativamente para minha formação acadêmica, proporcionando uma oportunidade de aplicar conhecimentos teóricos em um contexto prático e desenvolver habilidades de pesquisa, análise e implementação de soluções inovadoras. A experiência prática obtida durante a realização do TCC reforçou a importância da integração entre teoria e prática no ensino superior, incentivando a adoção de metodologias que promovam o aprendizado ativo e a participação efetiva dos alunos. Além disso, aprimorou o conhecimento em conceitos como sistemas

produtivos, POP (Procedimento Operacional Padrão), teoria das filas, modelagem e simulação computacional, e mapeamento de processos.

Para estudos futuros, sugere-se a investigação de metodologias que integrem novas tecnologias no ensino de Engenharia de Produção. Além disso, a exploração de abordagens que considerem diferentes perfis de aprendizagem pode proporcionar insights valiosos sobre como adaptar metodologias de ensino para maximizar a eficácia educacional.

Em conclusão, este trabalho contribuiu significativamente para a formação acadêmica dos estudantes, proporcionando uma experiência de aprendizado mais rica e completa. Os resultados alcançados reforçam a importância da integração entre teoria e prática no ensino superior, incentivando a adoção de metodologias que promovam o aprendizado ativo e a participação efetiva dos alunos.

REFERÊNCIAS

- ABEPRO - **Associação Brasileira de Engenharia de Produção**. (2024). Engenharia de Produção - profissão. Disponível em: <https://portal.abepro.org.br/profissao/> . Acesso em: 13 de maio de 2024.
- ACKOFF, Russel L.; SASIENI, Maurice W. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: LTC, 1971.
- ADOLPHO, Conrado. **Professores x geração Z: o choque de gerações contemporâneo**. Disponível em <https://www.conrado.com.br/professores-x-geracao-z-o-choque-de-geracoes-contemporaneo/> . Acesso em: 29 ago. 2023.
- AGUIAR, Giancarlo F.; PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre R. **Simulações de arranjos físicos por produto e balanceamento de linha de produção: o estudo de um caso real no ensino para estudantes de engenharia**. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Curitiba, 2007. Disponível em: <https://pessoal.dainf.ct.utfpr.edu.br/graeml/ParticipacaoEventos/Cobenge/cobenge2007> . Acesso em: 11 set. 2023.
- ALMEIDA, José Rubens Mascarenhas; MOTA, Daniel Santos. **Huxley, Orwell e a realização das distopias no Brasil contemporâneo**. Lutas Sociais, v. 23, n. 42, p. 139-155, 2019.
- ALTENHOFEN, Jefferson Luiz et al. Percepção de trabalhadores sobre o Programa 5S. **Produto & Produção**, v. 19, n. 2, 2018.
- ALVES, M. P. et al. **Práticas inovadoras no ensino superior**. Referência PTDC/CPE CED/114318/2009.
- AMARAL, Adaíse Passos Souza; DE OLIVEIRA BOERY, Rita Narriman Silva. Metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem do curso de Enfermagem. **Lecturas: Educación Física y Deportes**, v. 27, n. 290, 2022.
- ANDERSON, L. W. et. al. **A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives**. Nova York: Addison Wesley Longman, 2001.
- ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução a Pesquisa Operacional: Métodos e Técnicas para a análise de decisão**. Rio de Janeiro: LTC, 1989.
- Andrade, I. G. S. B. Et. Al. Geração z e as metodologias ativas de aprendizagem: desafios na educação profissional e tecnológica. **Revista brasileira da educação profissional e tecnológica**, v. 1, n. 18, p. 8575, 2020.
- ANGELO, D. M. P. de; GIANESI, I. G. N. O projeto pedagógico para as novas diretrizes curriculares de Engenharia. In: OLIVEIRA, V. F. de (org.). **A Engenharia e as Novas DCNs: oportunidades para formar mais e melhores engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

ATWA, H. S. & AL RABIA, M. W. Self and Peer Assessment at Problem-Based Learning (PBL) Sessions at the Faculty of Medicine, King Abdulaziz University (FOM-KAU), KSA: Students Perception, v.2, i.3, 2014.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Penso Editora, 2017.

BARBOSA, E. F. & MOURA, D. G. Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica. B. Tec. Senac, Rio de Janeiro, v. 39, n.2, p.48-67, maio/ago. 2013.

BARBOSA, Eduardo Fernandes; MOURA, DG de. Metodologias ativas de aprendizagem no ensino de engenharia. In: **Anais International Conference on Engineering and Technology Education, Cairo, Egito**. 2014. p. 110-116.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V.; BAZZO, J. L. S. **Conversando sobre educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2014.

BENDER, William N. **Aprendizagem Baseada em Projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2014.

BERBEL, N. A. N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes**. Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jul. 2011.

BERBEL, N. N. "Problematization" and Problem-Based Learning: different words or different ways? **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, v. 2, n. 2, 1998.

BONATTI, Henrique; FELCZAK, Jaqueline; SILVA, Elissa Danielle; BRUSTOLIM, Isabella de quadros; REIS, jaiisson p. dos. **Aprendizagem baseada em jogos (GBL) para o ensino de balanceamento de linha no curso de engenharia de produção**. In: ENEGEP 2019. Anais do ENEGEP. Disponível em: http://dx.doi.org/10.14488/ENEGEP2019_TN_STO_299_1690_38093 Acesso em: 03 set. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção I, p. 43, 26 abr. 2019a.

BRASIL. **Lei nº 11.640**, de 11 de janeiro de 2008: institui a Fundação Universidade Federal do Pampa – Unipampa. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11640.htm . Acesso em: 03 out. 2023.

BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION. **Aprendizagem Baseada em Projetos: guia para professores de ensino fundamental e médio**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

CALLEFI, S. J.; CRUBELLATE, M. J. O sistema Toyota de produção e o institucionalismo comunicativo. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 20, n. 1, p. 209-229, 2020.

CARRARO TE, et al. Socialização como processo dinâmico de aprendizagem na enfermagem. Uma proposta na metodologia ativa. **Invest. Educ. Enferm**, 2011; Medelim/Colômbia. v. 29 (2).

CHASE, RB JACOBS; AQUILANO, F. R. NJ. **Administração da produção e operações para vantagens competitivas**. 2006.

CHERNIKOVA, Olga; HEITZMANN, Nicole; STADLER, Matthias; HOLZBERGER, Doris; SEIDEL, Tina; FISCHER, Frank. Simulation-Based Learning in Higher Education: a MetaAnalysis. **Review of Educational Research**, v. 20, n. 10, 2020.

CHRISTO, Maria Marilei Soistak et al. **Análise de movimentos oculares em questões de cálculo: um estudo desenvolvido com alunos de cursos de engenharia**. 2019.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: teoria e aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, David. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2021.

CUNHA, Flávio Macedo. Ensino de engenharia: abordagem pela complexidade. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 34, n. 1, 2015.

DA CUNHA, José Adson OG, et al. **Software engineering education in Brazil: a mapping study**. In: *Proceedings of the XXXII Brazilian Symposium on Software Engineering*. 2018. p. 348-356.

DE OLIVEIRA, Marcos Alberto. **Gestão de operações e serviços**. Editora Senac São Paulo, 2020.

DOS SANTOS BARDINI, Vivian Silveira; SPALDING, Marianne. Aplicação de metodologias ativas de ensino-aprendizagem: experiência na área de Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 36, n. 1, 2017.

EHRlich, Pierre Jaques. **Pesquisa Operacional: Curso Introdutório**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1982.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **Modeling and Simulation Body of Knowledge (BOK)**. Alexandria: Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, 2008.

EVANS, James R.; OLSON, David L. **Introduction to simulation and risk analysis**. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.

FILATRO, Andrea; CAVALCANTI, Carolina Costa. **Metodologias Inovativas na Educação Presencial, a Distância e Corporativa**. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

FILHO, Ozanan Garcia Mundim; BACHEGA, Stella Jacyszyn. **Simulação computacional aplicada a uma linha de montagem de uma empresa automobilística**. In: ENEGEP 2017. Anais do ENEGEP. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_238_382_32530.pdf .Acesso em: 03 set. 2023.

FRAGA, Vilela, F. et al. Balançamento de Operações e Simulação a Eventos Discretos: Redução da Ociosidade dos Operadores em uma Linha de Montagem. *Revista Produção Online*, [s.l.], v. 20, n. 2, p.472-492, 2020.

GABRIEL, Gustavo Teodoro; CAMPOS, Afonso Teberga ; TORRES, Alexandre Fonseca ; MARTINS, Paula Carneiro. **Validação de modelo de simulação por meio de quatro parâmetros: estudo de uma linha de montagem controlada**. In: ENEGEP 2018. Anais do ENEGEP. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_263_512_35550.pdf .Acesso em: 03 set. 2023.

GAYER, Bruna Dones. **Método para avaliação do uso de sistemas de produção puxada**. 2019.

GARBIN, Fernanda Gobbi de Boer; KAMPFF, Adriana Justin Cerveira; DE BOER, Renato Luís Valente. Proposta de um modelo de ensino de competências: estudo de caso em um curso de engenharia. *Humanidades & Inovação*, v. 9, n. 26, p. 336-351, 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª ed. São Paulo, Atlas 2017.

GOLENDZINER, Alan Meyer; LEMOS, Fernando de Oliveira. **Aplicação da simulação computacional no balanceamento de uma linha de montagem do setor automotivo**. In: ENEGEP 2020. Anais do ENEGEP. Disponível em : https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_344_1765_39677.pdf .Acesso em: 03 set. 2023.

GRUBER, Fábio Carletto, et al. Proposta de adequação de um curso de tecnologia segundo a metodologia da aprendizagem baseada em projetos (PBL). *Revista Sinergia*, 2023, 24.1.

GUERRA, A. **Problem Based Learning and Sustainable Engineering Education: Challenges for 21st century**. Thesis (PhD in Engineering), 2014, Faculty of Engineering and Science, UNESCO Aalborg Centre for Problem Based Learning in Engineering Science and Sustainability, Department of Development and Planning, Aalborg University, Denmark, 2014.

GUIMARÃES, W. dos S.; GUEDES, J. T.; NASCIMENTO, M. B. da C.; SANTOS, M. F. dos. Metodologias ativas para o ensino e aprendizagem das gerações tecnológicas z e alfa. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. 1515–1526, 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i5.9887. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/9887>. Acesso em: 6 set. 2023.

GUO, Pengyue; SAAB, Nadira; POST, Lysanne S.; ADMIRAAL, Wilfried. A review of projectbased learning in higher education: Student outcomes and measures. **International Journal of Education Research**, v. 102, p. 1-13, maio 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883035519325704>.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. McGraw Hill Brasil, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Bagé-RS**. Bagé : IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/bage/panorama>. Acesso em: 03 out. 2023.

IKEZIRI, Lucas Martins e cols. A perspectiva da indústria 4.0 sobre a filosofia de gestão Lean Manufacturing. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 6, n. 1, pág. 1274-1289, 2020.

JHONSON, Richard A.; NEWELL, William T.; Vergin, Roger L. **Operations Management: a systems concept**. Boston: Houghton Mifflin, 1972.

KERN, Mauro; SAGAZIO, Gianna; LOURENÇÃO, Paulo; PEREIRA, Suely; MIRANDA, Zil; LOPES, Afonso. **A mobilização empresarial pela inovação (MEI) e a defesa pela modernização do ensino de Engenharia**. In: OLIVEIRA, Vanderli Fava de (org.). *A Engenharia e as Novas DCNs*. Rio de Janeiro: LTC, 2019. p. 198-218.

KRAJEWSKI, L. **Administração de produção e operações**. 8th ed. Pearson Educación, 2009.

LAUGENI, Fernando P.; Petrônio Garcia. **Administração da produção**. Editora Saraiva, 2015. E-book. ISBN 9788502618367. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502618367/>. Acesso em: 11 set. 2023.

LEE, C.K.H. A review of applications of genetic algorithms in operations management. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 76, p. 1- 12, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.08.011>.

LETTENMEIER, Michael; AUTIO, Sakari; JÄNIS, Reetta. **Project-based learning on life-cycle management – A case study using material flow analysis**. In: *Proceedings of the World Resources Forum*. 2013.

LIKER, J.K.; ROSS, K.; KLIPPEL, A.F. **O Modelo Toyota de Excelência em Serviços: A Transformação Lean em organizações de Serviço**. Bookman, 1^o edição, 2019.

LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Bookman Editora, 2021.

LIMA, R. O. M.; LIRA, A. L.; SOUSA, V. H. F.; COSTA, J. V. A.; SIMÕES, A. S. M. **A importância dos jogos digitais como ferramenta pedagógica para a geração alpha**. In: vi encontro internacional de jovens investigadores, 2019, salvador. Investigação, engajamento e emancipação humana, 2019.

LOPES, Ana Lúcia Miranda; GALVÃO, Ana Lúcia Meira da Veiga; FOGAÇA, Moacir. **Pesquisa operacional: livro didático**. 2022.

LOZADA, Gisele; ROCHA, Henrique M.; PIRES, Marcelo Ribas S. **Planejamento e Controle de Produção**. Grupo A, 2017. E-book. ISBN 9788595020719. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020719/> . Acesso em: 11 set. 2023.

MAGANA, Alejandra J. Modeling and Simulation in Engineering Education: a learning progression. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 143, n. 4, out. 2017.

MAGANA, Alejandra J.; JONG, Ton de. Modeling and Simulation Practices in Engineering Education. **Computer Applications in Engineering Education**, Honolulu, HI, v. 26, n. 4, p. 731-738, jun. 2018.

MARIA, Anu. **Introduction to Modeling and Simulation**. In: Conference on Winter Simulation, 29., 1997, Atlanta. Anais da Conference on Winter Simulation, Atlanta, 1997. p. 7-13.

MARINS, Fernando Augusto Silva. **Introdução à Pesquisa Operacional São Paulo: Cultura Acadêmica**. Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2011.

MARTINS, Paula Carneiro; LEAL, Fabiano; SOUZA, Luiz Gonzaga Mariano de; GOMES, José Henrique de Freitas; MOLINA, Carlos Eduardo Correa. **Análise estatística do progresso do aluno sobre conceitos de engenharia de produção com o uso de dinâmica de ensino**. In: ENEGEP 2019. Anais do ENEGEP. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_215_270_27835.pdf Acesso em: 03 set. 2023.

Masson, T. J., Miranda, L. F. D., Munhoz Jr, A. H., & Castanheira, A. M. P. (2012, September). **Metodologia de ensino: aprendizagem baseada em projetos (PBL)**. In *Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)*, Belém, PA, Brasil (p. 13). sn.

MAZUR, E. **Peer Instruction: A User's Manual**. Boston: Addison-Wesley, 1996.

Ministério da Educação (MEC). **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, 2019b. Disponível

em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=1126_81-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192 . Acesso em: 03 set. 2023.

Ministério da Educação (MEC). **Resolução nº 7, de 18 de dezembro de 2018**. Estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira. Brasília, 2018. Disponível

em:http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=104251-rces007-18&category_slug=dezembro-2018-pdf&Itemid=30192 . Acesso em: 03 out. 2023.

Moraes, N. T., & Corso, L. L. (2023). Aplicação de balanceamento de linha otimizado considerando previsão de demanda e redes neurais artificiais. **Revista Produção Online**, 22(2), 2886–2912. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v22i2.4734>.

MORAN, Jose. Metodologias ativas e modelos híbridos na educação. **Novas Tecnologias Digitais: Reflexões sobre mediação, aprendizagem e desenvolvimento**. Curitiba: CRV, p. 23-35, 2017.

MORAN, José. **Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda**. In: BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). *Metodologias Ativas para Uma Educação Inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 2-25.

MORATTI, Daniel Guzzo. **A nova gestão da força de trabalho como forma de controle da produção social**. Anais do Encontro Internacional e Nacional de Política Social, v. 1, n. 1, 2020.

MUNIZ, A. P.; CARVALHO, A. C.; IANAMASU, R.; PORTO, A. J. **Simulação na implementação tecnológica: solução ou problema?** EESC/USP- Departamento de Engenharia Mecânica, São Carlos, outubro. 1998. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART478.pdf. Acesso em: 05 nov. 2023.

MUSSIO, S. C.; VALIDÓRIO, V. C.; DA SILVA, W. B. A influência das tecnologias no comportamento das gerações atuais: ferramentas para o aprendizado de línguas estrangeiras. **Revista CBTECLE**, v. 1, n. 1, p. 2-22, 2019.

NEVES, Gabriel Rodrigues Servino; LEONI, Juliene Navas. Aplicação dos 5s em uma indústria metal mecânica do interior de São Paulo. **Revista Engenharia em Ação**. UniToledo, v. 4, n. 2, 2019.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças. **Sistemas, Organização e Métodos: uma abordagem gerencial**. 13. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

OLIVEIRA, Bruno Barbosa de; CIRINO, Miguel Adriano Gonçalves; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann. **Jogos didáticos no ensino da linha de balanço**. In: ENEGEP 2019. Anais do ENEGEP. Disponível em : https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_299_1690_37696.pdf .Acesso em: 03 set. 2023.

PASSERO, G.; ENGSTER, N. E. W.; DAZZI, R. L. S. Uma revisão sobre o uso das TICS na educação da geração Z. **Renote**, v. 14, n. 2, 2016.

PAULA, ANA PAULA PAES DE; PAES, Kettle Duarte. Fordismo, pós-fordismo e ciberfordismo: os (des) caminhos da Indústria 4.0. **Cadernos EBAPE. BR**, v. 19, p. 1047-1058, 2022.

PAZIN FILHO, Antonio; SCARPELINI, Sandro. Simulação: definição. **Medicina, Ribeirão Preto**, SP, v. 40, n. 2, p. 162-166, jun. 2007. Doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v40i2p162-166>.

PEREIRA, Juliana Cristina; JÚNIOR, João Tarcísio Pereira; VILELA, Flávio Fraga; PIEDADE, Diego Dobscha da Cruz; LEAL, Fabiano. **Projeção de uma linha de montagem de retrovisores aplicando simulação a eventos discretos**. In: ENEGEP 2020. Anais do ENEGEP. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_344_1765_40210.pdf .Acesso em: 03 set. 2023.

PINHEIRO, Elisângela; DICKMANN, Ivo; MULLER, Felipe Martins. Metodologias ativas no ensino da engenharia de produção: aprendizagem baseada em experiências (ABEX). **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 42, 2023.

PDI - **Plano de Desenvolvimento Institucional 2019-2023**. Bagé: Unipampa, 2019. Disponível em: <https://sites.unipampa.edu.br/proplan/files/2019/09/pdi-2019-2023-publicacao.pdf> Acesso em: 13 out. 2023.

PRADO, D. S. **Usando o Arena em Simulação**. Belo Horizonte (MG). Editora Falconi – 2014 (Série Pesquisa Operacional – Volume 3).

PRADO, F; SANTOS, R. B. B. **Novas DCNs dos cursos de graduação em Engenharia e a perspectiva da avaliação centrada em competências**. In: OLIVEIRA, V. F. de (org.). *A Engenharia e as Novas DCNs: oportunidades para formar mais e melhores engenheiros*. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

Resolução **CONSUNI nº 317**, de 29 de abril de 2021. Regulamenta a inserção das atividades de extensão nos cursos de graduação, presencial e a distância, da Unipampa. Disponível em: https://sites.unipampa.edu.br/consuni/files/2021/05/res--317_2021-politica-de-extensao.pdf . Acesso em: 03 out. 2023.

ROCHA, Henrique Martins; LEMOS, Washington de Macedo. **Metodologias ativas: do que estamos falando? Base conceitual e relato de pesquisa em andamento**. IX Simpósio Pedagógico e Pesquisas em Comunicação. Resende, Brazil: Associação Educacional Dom Boston, v. 12, 2014.

ROSSONI, LUCIANO. **Modelagem e simulação soft em estratégia soft modelling and simulation in strategy**. Universidade Federal do Paraná–UFPR, 2006.

RUDOLPH, Jennifer. Globalizing Science and Engineering Through On-Site Project-Based Learning. **Education About Asia**, v. 19, n. 1, 2014.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. **Estudo Comparativo de Softwares de Simulação de Eventos Discretos Aplicados na Modelagem de um Exemplo de Loja de Serviços**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 23, 2003. Anais... ENEGEP: 2003.

SANTOS, L. C.; ARNAUD, L. DE M.; DUTRA, J. B. Uma dinâmica para o ensino da matriz produto processo: roteiro e aplicação. **Revista Produção Online**, v. 14, n. 3, p. 1129-1150, 2014.

SEBOLD LF, et al. Metodologias ativas: uma inovação na disciplina de fundamentos para o cuidado profissional de enfermagem. **Cogitare Enfermagem**, 2010;out/dez.

SHANNON, R. E. **Introduction to the art and science of simulation**. Proceedings of the Winter Simulation Conference.1998.

SILVA, Adair Rambor da. **Aplicação das ferramentas lean manufacturing: um estudo de caso em uma fábrica de máquinas agrícolas no sul do Brasil**. 2023.

SILVA, Camila de Cássia Mendonça et al. Aplicação de ferramentas de manufatura enxuta: um estudo de caso em uma fábrica de colchões. **Journal of Lean Systems**, v. 4, n. 1, pág. 87-104, 2019.

SILVA, Ermes Medeiros da. *et al.* **Pesquisa Operacional: Programação Linear**. 2 ed.São Paulo: Atlas,1996.

SILVA, L. P.; CECÍLIO, S. A mudança no modelo de ensino e de formação na engenharia. **Educação em Revista**, n. 45, p. 61-80, 2007.

SILVA, C. T. da. **Simulação de processos industriais como ferramenta de apoio à gestão de projetos**. COPPE/UFRJ,Rio de Janeiro, junho. 2010. Disponível em: <http://www.oceanica.ufrj.br/labsen/Artigos/SPIFAG.pdf> . Acesso em: 07 nov. 2023.

SIQUEIRA, Rosicley Nicolao; ALBUQUERQUE, Rosa Almeida Freitas; MAGALHÃES, Ávilo Roberto de. **Métodos de ensino adequados para o ensino da geração Z: uma visão dos discentes: um estudo realizado no curso de graduação em administração de uma universidade federal**. Encontro Nacional dos Cursos de Graduação em Administração, v. 23, 2012.

SMETANA, Lara Kathleen; BELL, Randy L. Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: a critical review of the literature. **International Journal of Science 195 Education**, v. 34, n. 9, p. 1337-70, 2012.

SNIDER, B.; BALAKRISHNAN, J. Lessons Learned from Implementing Web-Based Simulations to Teach Operations Management Concepts. **INFORMS Transactions on Education**, v. 13, n. 3, p. 152-161, 2013.

SOUZA, Maurício; MOREIRA, Renata; FIGUEIREDO, Eduardo. **Percepção dos alunos sobre o uso da aprendizagem baseada em projetos no ensino de engenharia de software**. In: Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software. 2019. pág. 537-546.

TAPPING, Don. **Gerenciamento do fluxo de valor: Oito etapas para planejar, mapear e sustentar melhorias Lean**. Imprensa CRC, 2002.

TORALLES-PEREIRA, M. L.; CYRINO, E. G. Trabalhando com estratégias de ensino-aprendizado por descoberta na área da saúde: a problematização e a aprendizagem baseada em problemas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 3, p. 780-788, 2004.

TUBINO, Dalvio Ferrari et al. **Manufatura enxuta como estratégia de produção**. Editora Atlas SA, 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA. Curso de Engenharia de Produção. **Projeto Pedagógico de Curso (PPC)**. 2023. Disponível em: <<https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/94/5/PPC%20Engenharia%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20-%20vers%C3%A3o%202023> . Acesso em: 03 mai 2024.

VICENCIO, Fernando Castillo ; FERNANDES, Leticia; SILVA, Natalia Gomes da. **Proposta de jogo educativo de simulação da gestão da produção: a árvore de lego**. In: ENEGEP 2019. Anais do ENEGEP. Disponível em :https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_258_484_35313.pdf .Acesso em: 03 set. 2023.

VIEIRA, Cinthia Regina Sales Furtado et al. Utilização de metodologia ativa de ensino na formação do profissional de nutrição. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 11, n. 9, p. e297-e297, 2019.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ZABALA, Antoni; ARNAU, Laia. **Métodos para Ensinar Competências**. Porto Alegre: Penso, 2020.

ZALUSKI, F. C.; OLIVEIRA, T. D. DE. Metodologias Ativas: uma reflexão teórica sobre o processo de ensino e aprendizagem active methodologies: a theoretical reflection on the teaching and learning process. **CIET EnPED**, p. 1-9, 2018.

ZIEGLER, C. et al. Identificação de Perdas por Meio do Sistema Toyota de Produção: Um Estudo de Caso em um Apiário. **Revista FSA**, v. 17, n. 1, 2020.

APÊNDICE A - Questionário de avaliação da metodologia (ABPJ)



QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA (ABPJ)

Por favor, responda a este questionário que fará parte de uma pesquisa sobre a metodologia desenvolvida. Sua participação é relevante para a descrição dos resultados. Portanto, solicito que responda sinceramente ao questionário abaixo:

Sexo: () Feminino () Masculino Data: / /

Em relação a metodologia:

Indique o seu grau de concordância em relação à metodologia aplicada, de acordo com a escala de Likert descrita abaixo:

1. Não concordo totalmente
2. Não concordo parcialmente
3. Indiferente
4. Concordo parcialmente
5. Concordo totalmente

Descrição	Escala				
	1	2	3	4	5
1. O sistema produtivo estudado facilitou a compreensão de conceitos abordados no curso de Engenharia de Produção.					
2. A experiência de aprendizagem possibilitou relacionar a teoria e a prática.					
3. A experiência vivenciada motivou para o seu aprendizado.					
4. Gostaria de vivenciar essa experiência de aprendizagem em outros componentes curriculares.					
5. Aprendeu os conteúdos e competências previstas no componente curricular.					

OBRIGADO !!!!!

1. Quais foram os pontos fortes e fracos analisados na experiência de aprendizagem?

Pontos fortes:

Pontos fracos:

2. Comentários e sugestões:

OBRIGADO !!!!!

APÊNDICE B - Plano de aula



Plano de aula

Identificação

Instituição: Universidade Federal do Pampa

Curso: Engenharia de Produção

Componente: Simulação e Modelagem Computacional

Tema da Aula

Propor aos estudantes uma atividade onde eles montem um eixo traseiro de um triciclo utilizando peças de montar. essa atividade abordará conceitos como sistemas produtivos, kanban e 5S. Após a atividade, promover uma discussão em grupo para refletir sobre como esses conceitos foram aplicados durante a montagem e quais foram as principais aprendizagens.

Objetivos Gerais:

Disponibilizar uma experiência de ensino, tendo como referência as metodologias de ensino e aprendizagem ativas e o uso de peças de montar, simulando uma linha de produção, para o componente curricular de Modelagem e Simulação Computacional.

Objetivos de aprendizado:

- Compreender os conceitos de sistemas produtivos, kanban e 5S
 - Busca-se facilitar o aprendizado.
 - Aproximar os estudantes a prática, com referências em sistemas reais, mas com menor complexidade e parâmetros controlados.
 - Promover o engajamento.
 - Desenvolver de habilidades, como o pensamento crítico, a resolução de problemas, a comunicação e o trabalho em equipe.
-

Metodologia de Ensino:

- Mobilização e levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos: iniciar a aula discutindo o tema da aula e incentivando os alunos a compartilharem o que sabem sobre ele.
- Apresentação dos conceitos alusivos aos temas em estudo: introduzir os conceitos relacionados à simulação de sistemas de produção e à engenharia de produção, explicando como se aplicam à montagem do eixo traseiro de um triciclo.

- Síntese dos assuntos estudados: recapitular os principais conceitos apresentados durante a aula, resumindo os pontos-chave.
- Sistematização do aprendizado por meio da realização de exercícios de fixação e resoluções de Situações problema: dividir os alunos em grupos para simular a montagem do eixo traseiro do triciclo, promovendo a aplicação prática dos conceitos e a resolução de problemas.

Avaliação:

- Observação sistêmica do envolvimento discente no desenvolvimento da aula: durante a atividade prática de simulação, observar atentamente o envolvimento e a participação dos alunos, avaliando sua capacidade de aplicar os conceitos aprendidos, resolver problemas e trabalhar em equipe. Essa observação será fundamental para identificar pontos fortes e áreas de melhoria na aprendizagem dos alunos. Essa avaliação ocorrerá através de uma rubrica.

Descrição da atividade

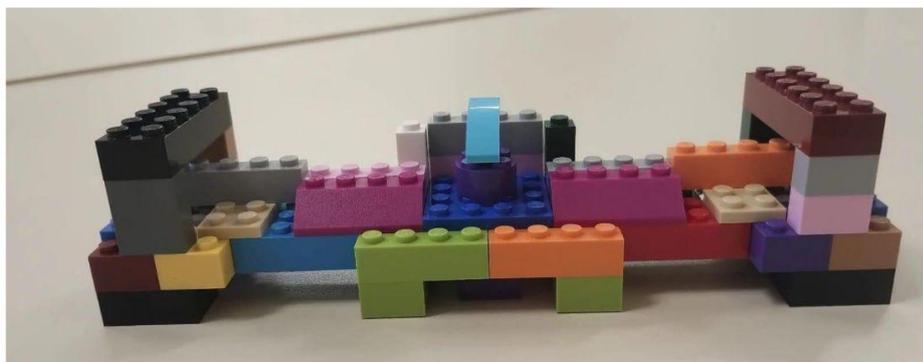
A atividade consiste na simulação de montagem de um eixo traseiro de um triciclo com peças de montar. Toda a montagem é assimétrica. O eixo original apresentado conforme a figura 1.

Eixo traseiro triciclo sousa 150cc



Fonte: Autor (2024).

Montagem completa com peças de montar



Fonte: Autor (2024).

Montagem completa com peças de montar

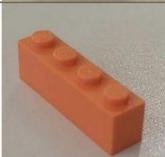


Fonte: Autor (2024).

As peças utilizadas estão apresentadas a seguir, para auxiliar na identificação delas foram elaboradas algumas nomenclaturas e colocadas ao lado de sua figura.

- Um número que determina a quantidade total de “gomos” na peça
- D: Dupla (peças com dupla fileira).
- U: Uma (peças com uma fileira).
- B: Baixa (peças que tem o seu comprimento baixo).
- A: Alta (peças que tem o seu comprimento alto).
- I: Inclinação (peças que apresentam uma inclinação).
- Q: Quádrupla (peças com quatro fileiras).
- CON: Conjunto (conjunto de peças já montadas para a operação).
- DI: Direito (peças do lado direito).
- ES: Esquerdo (peças do lado esquerdo).

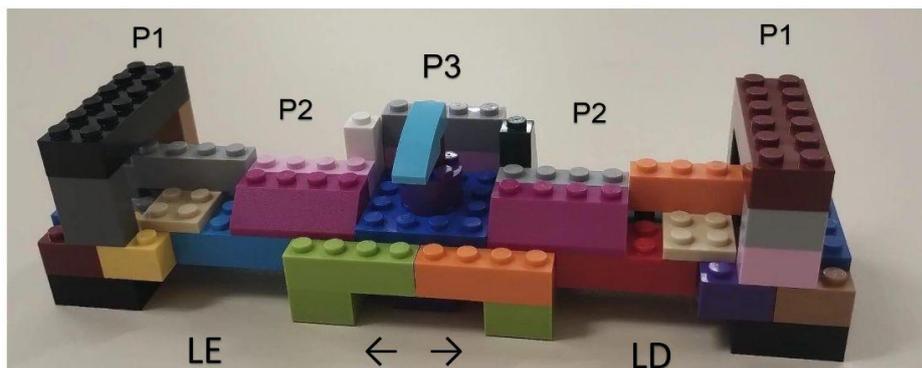
PEÇA	IDENTIFICAÇÃO	PEÇA	IDENTIFICAÇÃO
	CON1 (2*[4DA]+6DA)		CON5 DI (8DA+4UA)
	CON2 DI (8DA+1UA)		CON5 ES (8DA+4UA)
	CON2 ES (8DA+1UA)		CON4 ES (8DA+4UAI)

	4UB		8DA
	8DB		16QB
	CON3 2*(2UA)		4DA
	4UA		1UAI
	12DA		CON6 (Bico+1AR+4AR)
	CON4 DI (8DA+4UAI)		

1 Montagem

A montagem foi dividida em partes e foram atribuídas siglas para facilitar a identificação, são elas:

Figura da montagem completa com siglas



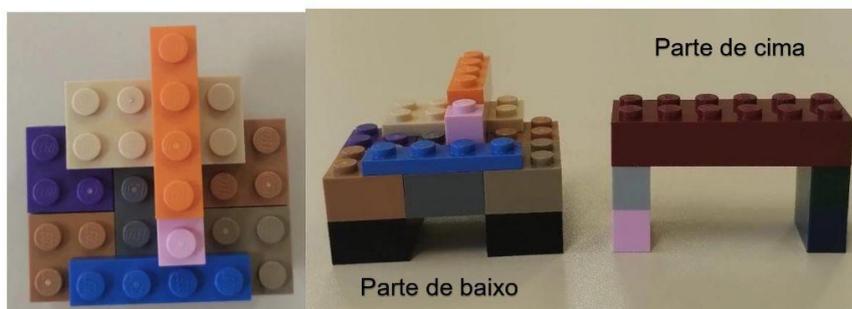
Fonte: Autor (2024).

A seguir, as partes são desmontadas.

1.1 Parte 1 (P1) / Lado Direito (LD)

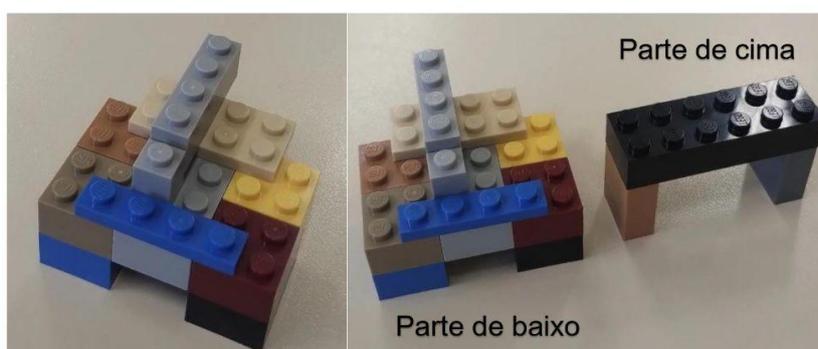
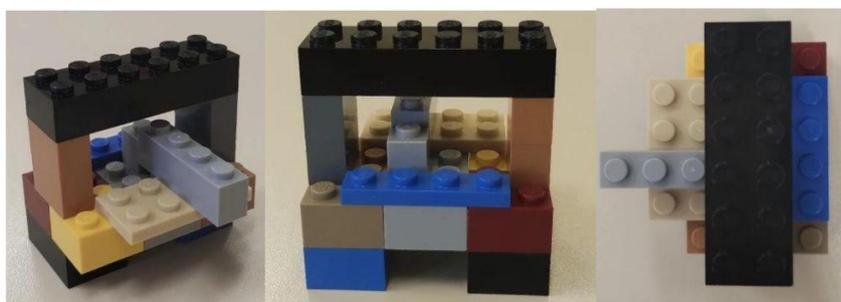
Atenção: O LD e LE utilizam as mesmas peças e as mesmas quantidades, porém muda o CON2.





Observação: usar o CON2 DI

1.1.1 Parte 1 (P1) / Lado Esquerdo (LE)



Observação: usar o CON2 ES

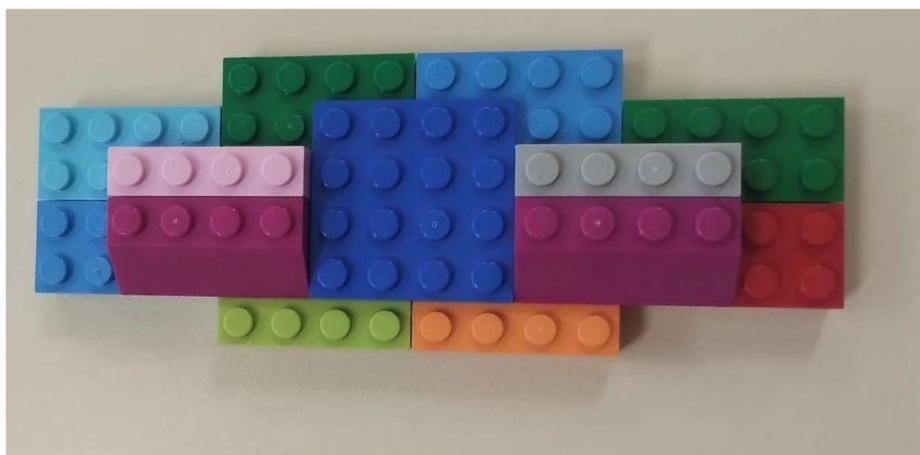
A seguir a quantidade (para um lado) e a identificação das peças utilizadas na montagem da P1:

<i>Identificação</i>	<i>P1 Completo</i>	<i>Parte de baixo</i>	<i>Parte de cima</i>
CON1	2	2	X
CON2	1	1	X

4UB	1	1	X
8DB	1	1	X
4UA	1	1	X
CON3	2	X	2
12DA	1	X	1
Total CON montado	9	6	3
Total CON desmontado	16	X	X

1.2 Parte 2 (P2) / Lado Direito (LD) e Lado Esquerdo

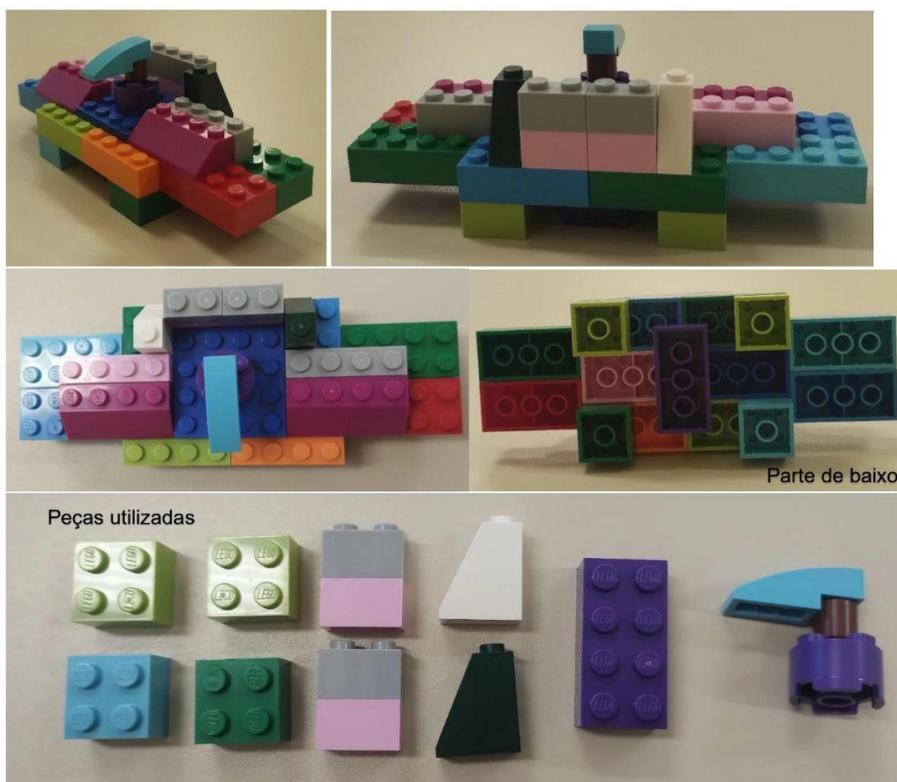
Observar que: O LD e LE utilizam as mesmas peças e as mesmas quantidades, porém muda o CON(4 e 5).



A seguir a quantidade (para um lado) e a identificação das peças utilizadas na montagem da P2:

<i>Identificação</i>	<i>P2 Completo</i>
8DA	6
16QB	1
CON4 (ES e DI)	2
CON5 (ES e DI)	2
Total CON montado	11
Total CON desmontado	15

1.2 Parte 3 (P3)



A seguir a quantidade e a identificação das peças utilizadas na montagem da P3:

Identificação	P3 Completo
4DA	4
CON3	2
1UAI	2
8DA	1
CON6	1
Total CON montado	10
Total CON desmontado	14

A seguir o somatório total de peças utilizadas para a montagem completa:

Identificação	Total CON montado	Total CON desmontado
P1	9	16
P2	11	15
P3	10	14
Total	30	45

2 Preparação da dinâmica

O professor responsável pela dinâmica irá preparar a sala conforme o modelo de montagem que ele escolher, deixando de fácil acesso as peças de montar, cronômetro e Post-it, e preparando os cartões do kanban, e o espaço de reposição já colocando algumas peças aleatórias nos estoques dos postos de trabalho antes dos estudantes chegarem.

Logo após, explicará como a dinâmica deverá ser realizada e irá apresentar um pequeno resumo dos conceitos que serão trabalhados.

Antes de dar início à dinâmica de montagem, ocorre a preparação do espaço onde a dinâmica será realizada, seguindo as seguintes instruções:

- O professor separa os estudantes em grupos de (x) alunos, e eles deverão escolher entre si quem ficará em cada posto, ressaltando que deverá haver um estudante responsável por cronometrar e anotar o tempo de cada processo, e outro responsável por repor o estoque.
- As cores das peças não interferem na montagem, apenas o seu tipo.
- O(s) operador(es) que ficarem responsáveis pela execução da montagem da P1 deverão montar LD (lado direito) e LE (lado esquerdo).
- Cada posto de trabalho terá Post-it sobre a quantidade de peças, tipos de peças ou qualquer outra informação para auxiliar da melhor forma em sua operação de montagem. Sendo assim, explorarão o método KANBAN.
- Ao final da dinâmica, discutirão sobre a dinâmica e possíveis melhorias, e identificação das peças aleatórias que não serão utilizadas nos postos de trabalho estão atrasando o processo. Explorarão o método 5S.
- No final do último dia da dinâmica, será passado um questionário avaliativo para os alunos que participaram da dinâmica.

3 Dinâmica de montagem

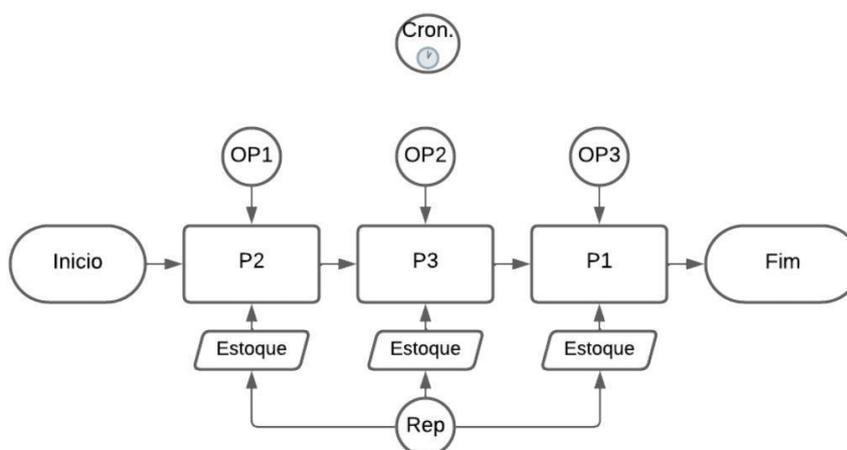
Foram estabelecidos três tipos de processos de montagem, que ficará a critério de qual será escolhido para a condução dinâmica, são eles:

- Modelo 1 = Grupo de 5 alunos com 3 operações, 1 cronometrando e 1 repositor.
- Modelo 2 = Grupo de 6 alunos com 3 operações, 1 cronometrando e 1 repositor.
- Modelo 3 = Grupo de 6 alunos com 4 operações, 1 cronometrando e 1 repositor.

3.1 Modelo 1

Possui um grupo formado por cinco alunos e com três processos de montagem, seguindo a sequência: P2 → P3 → P1

- OP = Operador
- Cron. = Operador responsável por cronometrar o tempo de processo.
- Rep = Operador responsável por repor o estoque.

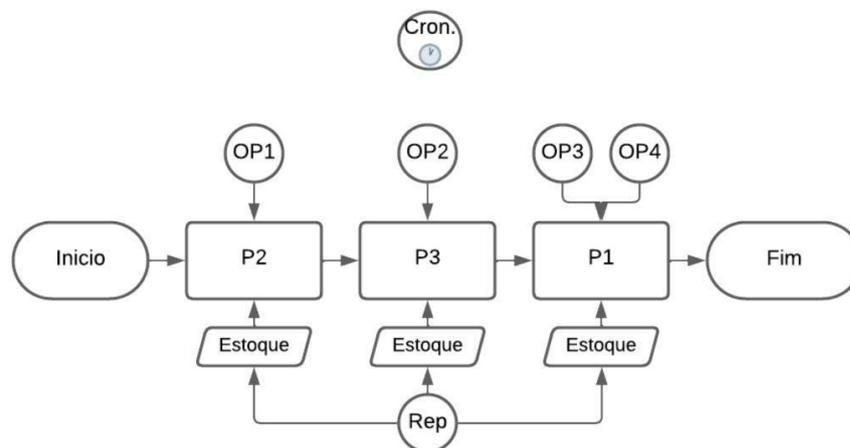


Serão formados 3 postos de trabalho. Os três primeiros postos contarão com estoque de peças que serão utilizadas e peças aleatórias. Cada setor que finalizar sua montagem empurrará a sua montagem para o posto seguinte, o posto que receber uma montagem anterior deverá unir a sua montagem com a montagem que chegou em seu posto de trabalho. A montagem deverá seguir a sequência P2 → P3 → P1.

3.2 Modelo 2

Possui um grupo formado por seis alunos e com três processos de montagem, seguindo a sequência: P2→P3→ P1

- OP= Operador
- Cron. = Operador responsável por cronometrar o tempo de processo.
- Rep = Operador responsável por repor o estoque.

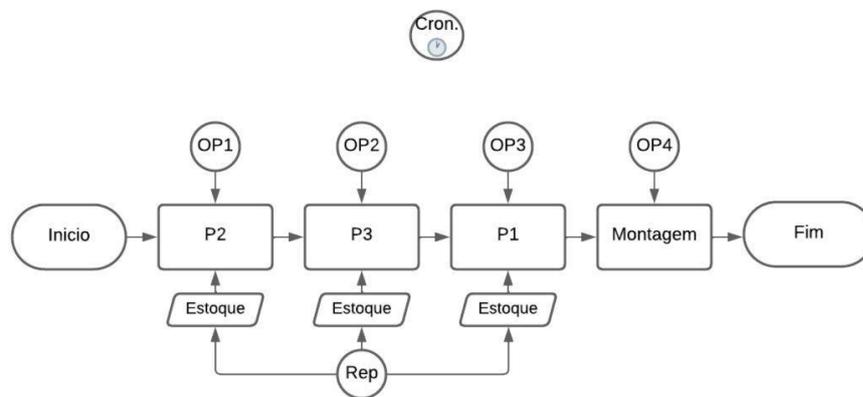


Serão formados 3 postos de trabalho. Os três postos contarão com um estoque de peças que serão utilizadas e peças aleatórias. No posto 3 (P1), ficarão dois operadores (OP3 e OP4), um deles montando (P1 LD) e outro montando (P1 LE). Ao final, ambos irão fazer a montagem completa. Cada setor que finalizar sua montagem empurra a sua montagem para o posto seguinte que unirá sua montagem com a montagem que chegou em seu posto de trabalho. A montagem deverá seguir a sequência P2 → P3→ P1.

3.3 Modelo 3

Possui um grupo formado por seis alunos e com quatro processos de montagem, seguindo a sequência: P2→P3→ P1→ P4 (Montagem)

- OP= Operador
- Cron. = Operador responsável por cronometrar o tempo de processo.
- Rep = Operador responsável por repor o estoque.



Serão formados 4 postos de trabalho. Os três primeiros postos contarão com um estoque de peças que serão utilizadas e peças aleatórias. Cada setor que finalizar sua montagem empurrará a sua montagem para o posto seguinte, O posto 2 unirá a montagem P2 com a sua, formando P3, o posto 3 não unirá a sua montagem com a P3, deixando para o posto 4 (P4 Montagem) fazer a montagem final. O responsável pelo P4 poderá pegar as montagens do posto 3 (P1), e os responsáveis pelo posto 3 poderão conduzir as outras montagens para o posto 4. O OP4 ficará responsável pela montagem final. A montagem deverá seguir a sequência P2 → P3→ P1.

APÊNDICE C - Rubrica

Descrição dos critérios			
N	Nota máxima	Critério	Descrição
1	1	Resolução de problemas	Observar como os alunos lidam com desafios e obstáculos durante a montagem do eixo traseiro, incluindo sua capacidade de identificar problemas, buscar soluções e implementar melhorias.
2	1	Organização e planejamento	Avaliar a capacidade dos alunos de planejar e organizar o processo de montagem, incluindo a distribuição de tarefas, o sequenciamento das etapas e o gerenciamento do tempo.
3	0,5	Trabalho em equipe	Avaliar a capacidade dos alunos de colaborar efetivamente em grupo, compartilhar responsabilidades, resolver conflitos e alcançar objetivos comuns durante a atividade de montagem.
	0,5	Comunicação	Avaliar a clareza e eficácia da comunicação entre os membros do grupo durante a atividade, incluindo a capacidade de expressar ideias, ouvir os colegas e fornecer feedback construtivo.
4	1	Aplicação dos conceitos de sistemas produtivos,	Avaliar em que medida os alunos aplicam os conceitos de sistemas produtivos durante a montagem do eixo traseiro, incluindo técnicas de otimização de processos e fluxo de trabalho.
5	1	Aplicação dos conceitos do 5S	Avaliar em que medida os alunos aplicam os princípios do 5S (seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke) para organizar o ambiente de trabalho e melhorar a eficiência durante a montagem do eixo traseiro.
6	1	Aplicação dos conceitos do Kanban	Avaliar em que medida os alunos aplicam os princípios do Kanban para visualizar e controlar o fluxo de trabalho durante a montagem do eixo traseiro.

(Continua)

Rubrica								
N°	Nota máxima	Critério	Pontuação				Ponto	Nota final
			0	1	2	3		
1	1	Resolução de problemas	Falha na identificação e resolução de problemas; falta de iniciativa ou criatividade.	Resolução limitada de problemas; dificuldade em identificar problemas ou encontrar soluções adequadas.	Resolução moderada de problemas; identificação clara de problemas e esforços para encontrar soluções, mas com algumas lacunas na eficácia.	Excelente resolução de problemas; identificação precisa de problemas, abordagem criativa na busca de soluções e implementação eficaz das mesmas.		
2	1	Organização e planejamento	Falta de organização e planejamento; ausência de estratégia ou coordenação.	Organização e planejamento limitados; estratégia inconsistente ou coordenação deficiente.	Organização e planejamento moderados; estratégia clara e coordenação adequada, mas com algumas lacunas.	Excelente organização e planejamento; estratégia eficaz, coordenação precisa e execução sem problemas.		
3	0,5	Trabalho em equipe	Ausência de trabalho em equipe; individualismo evidente.	Trabalho em equipe limitado; dificuldade em colaborar ou resolver conflitos.	Trabalho em equipe moderado; colaboração razoável e resolução de conflitos eficaz.	Excelente trabalho em equipe; colaboração eficaz, resolução de conflitos construtiva e alcance de objetivos de forma conjunta.		
	0,5	Comunicação	Comunicação deficiente; falta de clareza, falta de participação ou interação mínima.	Comunicação limitada; clareza inconsistente, participação irregular ou interação insuficiente.	Comunicação moderada; clareza geral, participação regular e interação satisfatória.	Excelente comunicação; clareza consistente, participação ativa e interação construtiva.		

(Conclusão)

Rubrica								
N°	Nota máxima	Critério	Pontuação				Ponto	Nota final
			0	1	2	3		
4	1	Aplicação dos conceitos de sistemas produtivos	Não há evidência de aplicação dos conceitos.	Aplicação limitada dos conceitos, com pouca atenção aos detalhes ou compreensão superficial.	Aplicação parcial dos conceitos, com algum grau de atenção aos detalhes e compreensão adequada.	Aplicação completa e eficaz dos conceitos, com atenção aos detalhes, compreensão profunda e evidência clara de resultados positivos.		
5	1	Aplicação dos conceitos do 5S	Não há evidência de aplicação dos conceitos.	Aplicação limitada dos conceitos, com pouca atenção aos detalhes ou compreensão superficial.	Aplicação parcial dos conceitos, com algum grau de atenção aos detalhes e compreensão adequada.	Aplicação completa e eficaz dos conceitos, com atenção aos detalhes, compreensão profunda e evidência clara de resultados positivos.		
6	1	Aplicação dos conceitos do Kanban	Não há evidência de aplicação dos conceitos.	Aplicação limitada dos conceitos, com pouca atenção aos detalhes ou compreensão superficial.	Aplicação parcial dos conceitos, com algum grau de atenção aos detalhes e compreensão adequada.	Aplicação completa e eficaz dos conceitos, com atenção aos detalhes, compreensão profunda e evidência clara de resultados positivos.		
Total								6

APÊNDICE D - Tempos de operações

(Continua)

P1 2OP e Montagem			P1 1OP			P1 1OP e Montagem	
1	27,81		1	36,76		1	50,86
2	27,88		2	35,62		2	49,04
3	31,17		3	38,33		3	46,71
4	26,44		4	36,77		4	45,15
5	31,81		5	35,14		5	46,37
6	25,34		6	43,95		6	57,07
7	29,43		7	40,90		7	55,14
8	30,75		8	39,15		8	52,95
9	26,29		9	37,88		9	50,96
19	27,70		19	45,79		19	53,15
11	25,89		11	46,11		11	54,33
12	26,69		12	38,23		12	45,65

(Conclusão)

P1 2OP e Montagem			P1 1OP			P1 1OP e Montagem	
13	26,32		13	39,11		13	48,11
14	27,86		14	36,80		14	46,26
15	24,10		15	37,84		15	45,35
16	26,60		16	40,20		16	49,07
17	27,27		17	42,31		17	50,11
18	25,46		18	39,84		18	48,24
19	25,65		19	41,86		19	48,91
20	27,34		20	38,29		20	45,87

(Continua)

P2			P3			P4 (Montagem)	
1	19,51		1	24,17		1	14,10
2	18,90		2	22,92		2	13,42
3	21,79		3	23,40		3	8,38
4	18,45		4	26,91		4	8,38
5	14,72		5	25,63		5	11,23

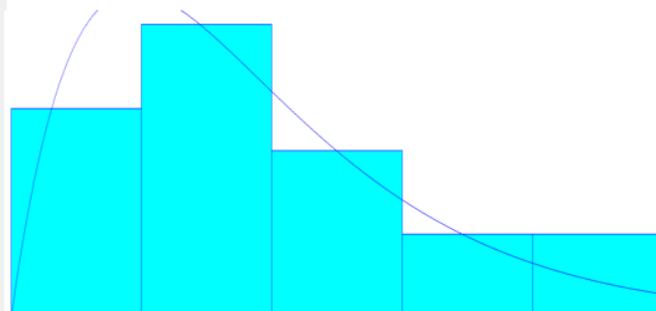
(Conclusão)

P2			P3			P4 (Montagem)	
6	13,93		6	27,70		6	13,12
7	17,51		7	28,96		7	14,24
8	14,21		8	26,75		8	13,80
9	16,29		9	23,58		9	13,08
19	15,13		19	23,36		19	7,36
11	16,63		11	23,94		11	8,22
12	14,62		12	21,43		12	7,42
13	16,59		13	22,69		13	9,00
14	17,87		14	21,20		14	9,46
15	17,52		15	24,26		15	7,51
16	18,13		16	27,52		16	8,87
17	21,81		17	24,03		17	7,80
18	22,70		18	20,55		18	8,40
19	16,87		19	28,42		19	7,05
20	17,63		20	24,61		20	7,58

APÊNDICE E - Análise no input analyzer

TEMPOS DE OPERAÇÕES	
P1 1OP	
1	36,76
2	35,62
3	38,33
4	36,77
5	35,14
6	43,95
7	40,90
8	39,15
9	37,88
10	45,79
11	46,11
12	38,23
13	39,11
14	36,80
15	37,84
16	40,20
17	42,31
18	39,84
19	41,86
20	38,29

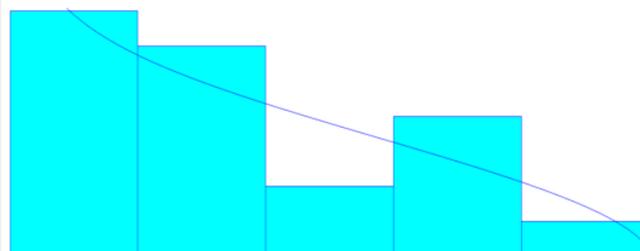
Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Erlang
Expressão:	35 + ERLA(2.27, 2)
Erro quadrático:	0.004437
Teste do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 3
Graus de liberdade	= 0
Teste Estatístico	= 0.273
P-value correspondente	< 0.005
Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Teste Estatístico	= 0.105
P-value correspondente	> 0.15
Sumário dos Dados	
Número de Pontos de Dados	= 20
Valor Min nos Dados	= 35.1
Valor Max nos Dados	= 46.1
Média da Amostra	= 39.5
Desvio Padrão da Amostra	= 3.12
Sumário do Histograma	
Intervalo do Histograma	= 35 to 47
Número de Intervalos	= 5



Distribuição:	Erlang
Expressão:	35 + ERLA(2.27, 2)
Erro quadr	0.004437

TEMPOS DE OPERAÇÕES	
P1 1OP e Montagem	
1	50,86
2	49,04
3	46,71
4	45,15
5	46,37
6	57,07
7	55,14
8	52,95
9	50,96
10	53,15
11	54,33
12	45,65
13	48,11
14	46,26
15	45,35
16	49,07
17	50,11
18	48,24
19	48,91
20	45,87

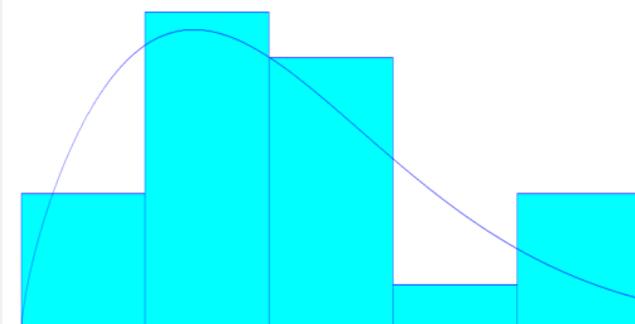
Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Beta
Expressão:	45 + 13 * BETA(0.829, 1.55)
Erro quadrático:	0.015833
Teste do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 3
Graus de liberdade	= 0
Teste Estatístico	= 0.368
P-value correspondente	< 0.005
Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Teste Estatístico	= 0.0828
P-value correspondente	> 0.15
Sumário dos Dados	
Número de Pontos de Dados	= 20
Valor Min nos Dados	= 45.1
Valor Max nos Dados	= 57.1
Média da Amostra	= 49.5
Desvio Padrão da Amostra	= 3.54
Sumário do Histograma	
Intervalo do Histograma	= 45 to 58
Número de Intervalos	= 5



Distribuição:	Beta
Expressão:	45 + 13 * BETA(0.829, 1.55)
Erro quadr	0.015833

TEMPOS DE OPERAÇÕES	
P1 ZOP e Montagem	
1	27,81
2	27,88
3	31,17
4	26,44
5	31,81
6	25,34
7	29,43
8	30,75
9	26,29
10	27,70
11	25,89
12	26,69
13	26,32
14	27,86
15	24,10
16	26,60
17	27,27
18	25,46
19	25,65
20	27,34

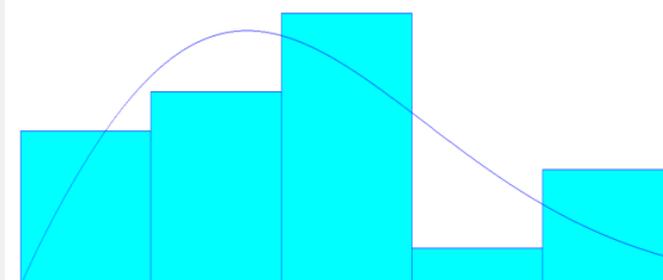
Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Weibull
Expressão:	24 + WEIB(3.77, 1.69)
Erro quadrático:	0.022842
Teste do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 2
Graus de liberdade	= -1
Teste Estatístico	= 0.252
P-value correspondente	< 0.005
Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Teste Estatístico	= 0.15
P-value correspondente	> 0.15
Sumário dos Dados	
Número de Pontos de Dados	= 20
Valor Min nos Dados	= 24.1
Valor Max nos Dados	= 31.8
Média da Amostra	= 27.4
Desvio Padrão da Amostra	= 2.03
Sumário do Histograma	
Intervalo do Histograma	= 24 to 32
Número de Intervalos	= 5



Distribuição:	Weibull
Expressão:	24 + WEIB(3.77, 1.69)
Erro quadr	0.022842

TEMPOS DE OPERAÇÕES	
P2	
1	19,51
2	18,90
3	21,79
4	18,45
5	14,72
6	13,93
7	17,51
8	14,21
9	16,29
10	15,13
11	16,63
12	14,62
13	16,59
14	17,87
15	17,52
16	18,13
17	21,81
18	22,70
19	16,87
20	17,63

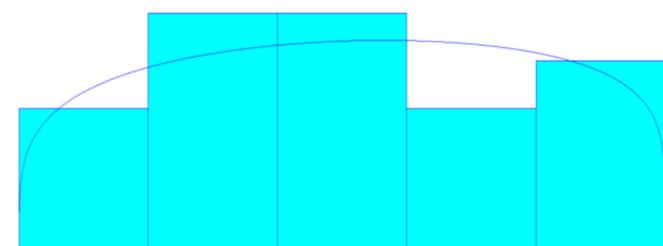
Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Weibull
Expressão:	13.1 + WEIB(5.07, 1.92)
Erro quadrático:	0.030672
Teste do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 2
Graus de liberdade	= -1
Teste Estatístico	= 0.447
P-value correspondente	< 0.005
Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Teste Estatístico	= 0.0954
P-value correspondente	> 0.15
Sumário dos Dados	
Número de Pontos de Dados	= 20
Valor Min nos Dados	= 13.9
Valor Max nos Dados	= 22.7
Média da Amostra	= 17.5
Desvio Padrão da Amostra	= 2.51
Sumário do Histograma	
Intervalo do Histograma	= 13.1 to 23
Número de Intervalos	= 5



Distribuição:	Weibull
Expressão:	13.1 + WEIB(5.07, 1.92)
Erro quadr	0.030672

TEMPOS DE OPERAÇÕES	
P3	
1	24,17
2	22,92
3	23,40
4	26,91
5	25,63
6	27,70
7	28,96
8	26,75
9	23,58
10	23,36
11	23,94
12	21,43
13	22,69
14	21,20
15	24,26
16	27,52
17	24,03
18	20,55
19	28,42
20	24,61

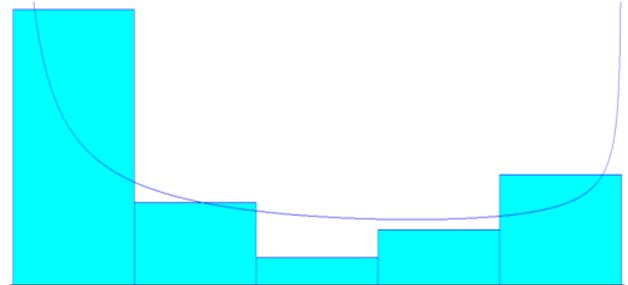
Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Beta
Expressão:	20 + 9 * BETA(1.24, 1.18)
Erro quadrático:	0.007677
Teste do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 2
Graus de liberdade	= -1
Teste Estatístico	= 0.137
P-value correspondente	< 0.005
Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Teste Estatístico	= 0.161
P-value correspondente	> 0.15
Sumário dos Dados	
Número de Pontos de Dados	= 20
Valor Min nos Dados	= 20.6
Valor Max nos Dados	= 29
Média da Amostra	= 24.6
Desvio Padrão da Amostra	= 2.43
Sumário do Histograma	
Intervalo do Histograma	= 20 to 29
Número de Intervalos	= 5



Distribuição:	Beta
Expressão:	20 + 9 * BETA(1.24, 1.18)
Erro quadr	0.007677

TEMPOS DE OPERAÇÕES	
P4 (Montagem)	
1	14,10
2	13,42
3	8,38
4	8,38
5	11,23
6	13,12
7	14,24
8	13,80
9	13,08
10	7,36
11	8,22
12	7,42
13	9,00
14	9,46
15	7,51
16	8,87
17	7,80
18	8,40
19	7,05
20	7,58

Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Beta
Expressão:	$7 + 7.96 * \text{BETA}(0.397, 0.685)$
Erro quadrático:	0.025538
Teste do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 3
Graus de liberdade	= 0
Teste Estatístico	= 1.06
P-value correspondente	< 0.005
Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Teste Estatístico	= 0.181
P-value correspondente	> 0.15
Sumário dos Dados	
Número de Pontos de Dados	= 20
Valor Min nos Dados	= 7.05
Valor Max nos Dados	= 14.2
Média da Amostra	= 9.92
Desvio Padrão da Amostra	= 2.66
Sumário do Histograma	
Intervalo do Histograma	= 7 to 15
Número de Intervalos	= 5



Distribuição:	Beta
Expressão:	$7 + 7.96 * \text{BETA}(0.397, 0.685)$
Erro quadr	0.025538

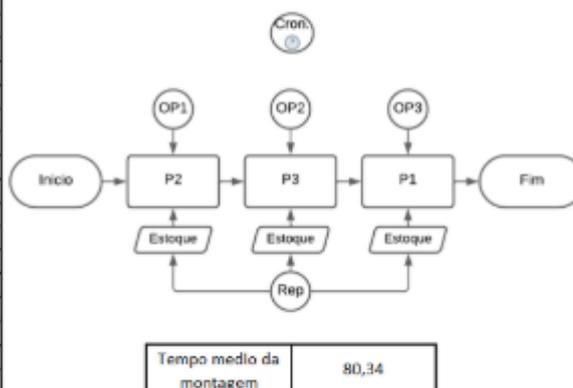
APÊNDICE F - Resultados e análises

3 TEMPO MÉDIO DE CADA MODELO DE MONTAGEM

3.1 Modelo 1

Figura 5 - Tempo médio modelo 1

P1 IOP		P2		P3	
1	36,76	1	19,51	1	24,17
2	35,62	2	18,90	2	22,92
3	38,33	3	21,79	3	23,40
4	36,77	4	18,45	4	26,91
5	35,14	5	14,72	5	25,63
6	43,95	6	13,93	6	27,70
7	40,90	7	17,51	7	28,96
8	39,15	8	14,21	8	26,75
9	37,88	9	16,29	9	23,58
10	45,79	10	15,13	10	23,36
11	46,11	11	16,63	11	23,94
12	38,23	12	14,62	12	21,43
13	39,11	13	16,59	13	22,69
14	36,80	14	17,87	14	21,20
15	37,84	15	17,52	15	24,26
16	40,20	16	18,13	16	27,52
17	42,31	17	21,81	17	24,03
18	39,84	18	22,70	18	20,55
19	41,86	19	16,87	19	28,42
20	38,29	20	17,63	20	24,61
Med	38,72	Med	17,52	Med	24,10

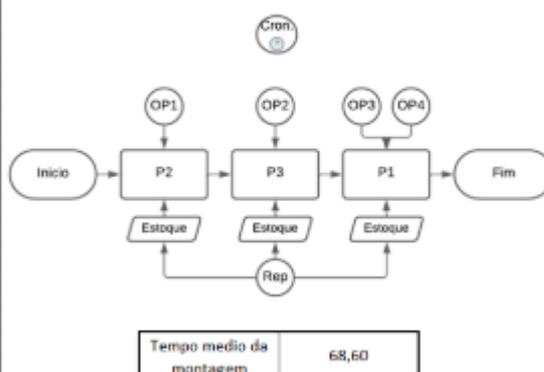


Fonte: Autor (2024).

3.2 Modelo 2

Figura 6 - Tempo médio modelo 2

P1 ZOP e Montagem		P2		P3	
1	27,81	1	19,51	1	24,17
2	27,88	2	18,90	2	22,92
3	31,17	3	21,79	3	23,40
4	26,44	4	18,45	4	26,91
5	31,81	5	14,72	5	25,63
6	25,34	6	13,93	6	27,70
7	29,43	7	17,51	7	28,96
8	30,75	8	14,21	8	26,75
9	26,29	9	16,29	9	23,58
10	27,70	10	15,13	10	23,36
11	25,89	11	16,63	11	23,94
12	26,69	12	14,62	12	21,43
13	26,32	13	16,59	13	22,69
14	27,86	14	17,87	14	21,20
15	24,10	15	17,52	15	24,26
16	26,60	16	18,13	16	27,52
17	27,27	17	21,81	17	24,03
18	25,46	18	22,70	18	20,55
19	25,65	19	16,87	19	28,42
20	27,34	20	17,63	20	24,61
Med	26,98	Med	17,52	Med	24,10

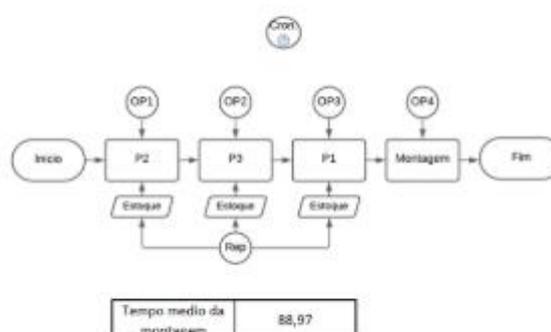


Fonte: Autor (2024).

3.3 Modelo 3

Figura 7 - Tempo médio modelo 3

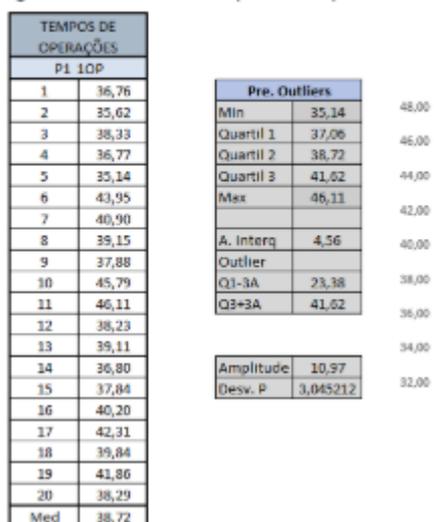
P1 1OP	P2	P3	P4 (Montagem)
1	36,76	1	19,51
2	35,62	2	18,90
3	38,33	3	21,79
4	36,77	4	18,45
5	35,14	5	14,72
6	43,95	6	13,93
7	40,90	7	17,51
8	39,15	8	14,21
9	37,88	9	16,29
10	45,79	10	15,13
11	46,11	11	16,63
12	38,23	12	14,62
13	39,11	13	16,59
14	36,80	14	17,87
15	37,84	15	17,52
16	40,20	16	18,13
17	42,31	17	21,81
18	39,84	18	22,70
19	41,86	19	16,87
20	38,29	20	17,63
Med	38,72	Med	17,52



Fonte: Autor (2024).

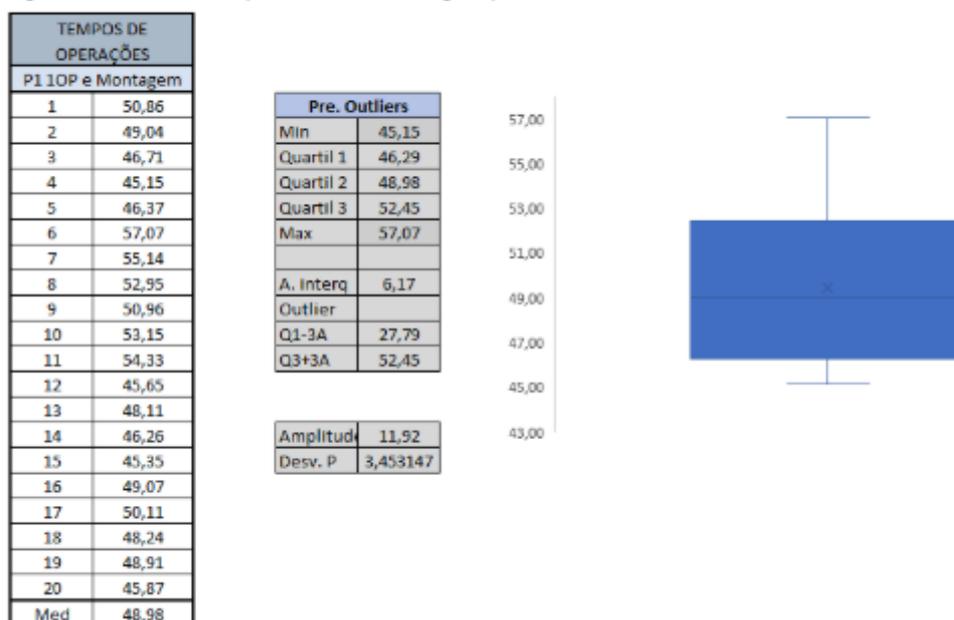
4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DE CADA PROCESSO

figura 8 - Processo (P1 1OP)



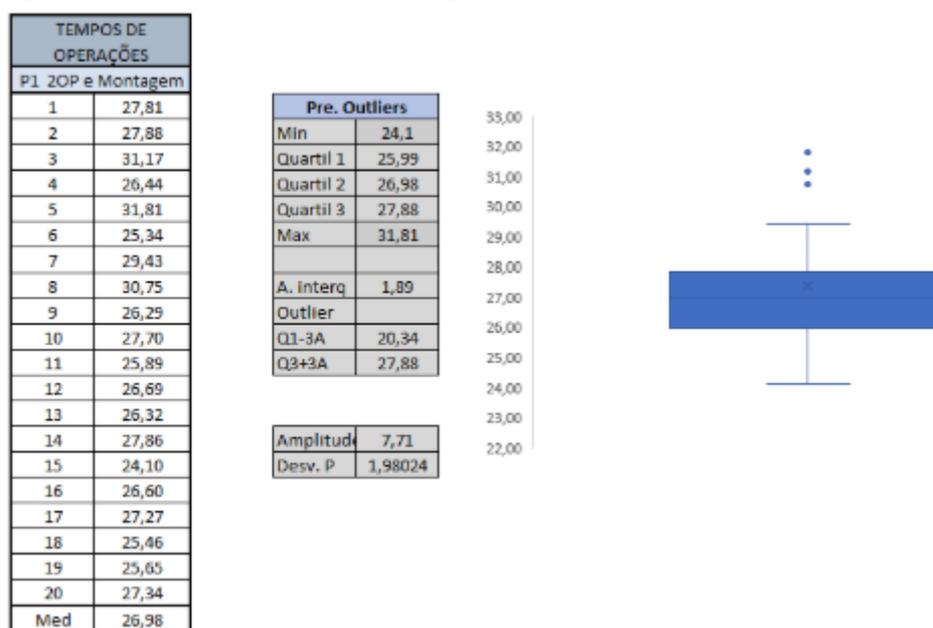
Fonte: Autor (2024).

Figura 9 - Processo (P1 1OP e Montagem)



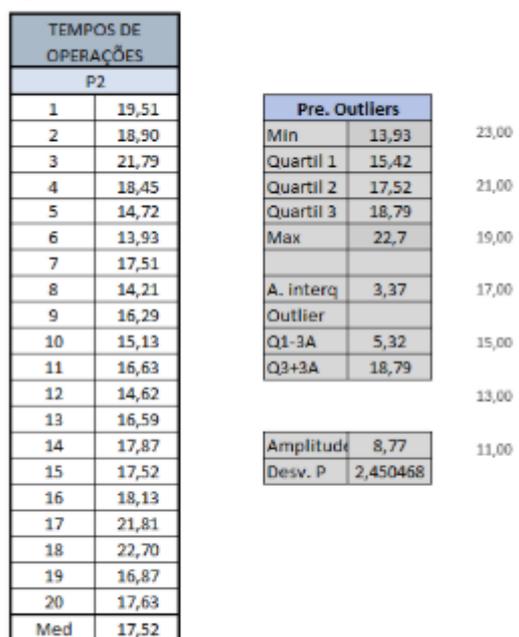
Fonte: Autor (2024).

Figura 10 - Processo (P1 2OP e Montagem)



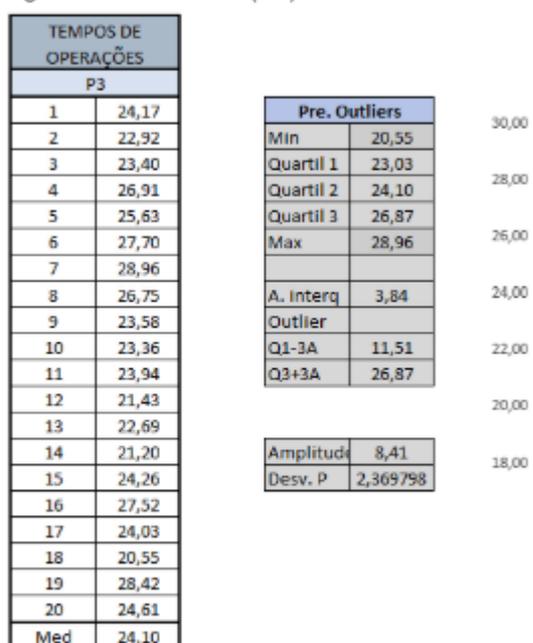
Fonte: Autor (2024).

Figura 11 - Processo (P2)



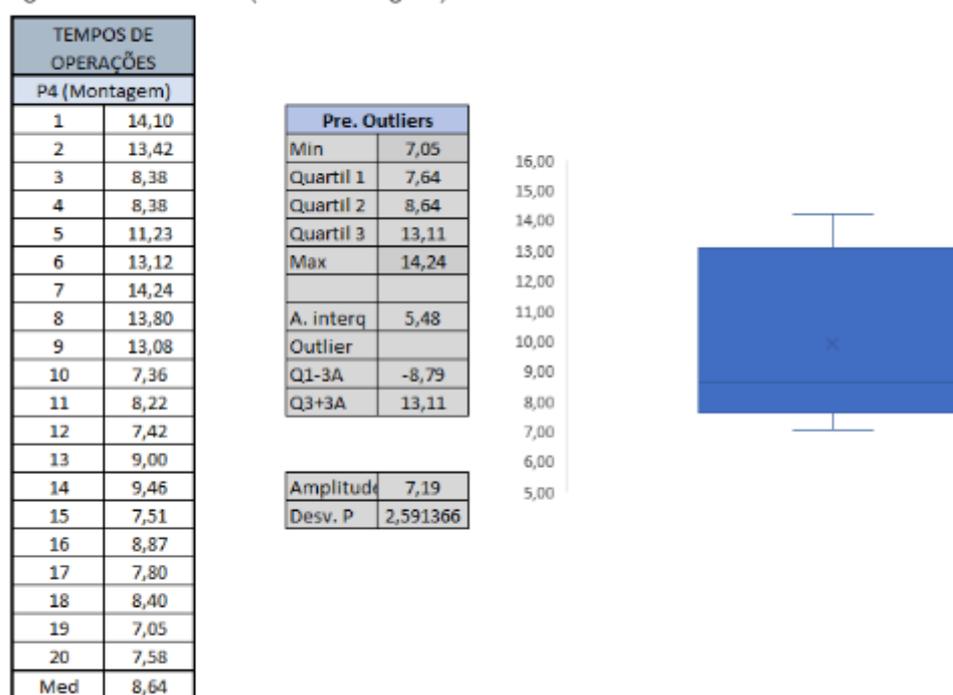
Fonte: Autor (2024).

Figura 12 - Processo (P3)



Fonte: Autor (2024).

Figura 13 - Processo (P4 e Montagem)



Fonte: Autor (2024).

ANEXO 1 - Questionário para a autoavaliação de competências

Leia as afirmativas a seguir e indique seu nível de concordância	Escala				
	1	2	3	4	5
1. Conheço no que consiste a atividade de modelagem e seus objetivos.					
2. Sou capaz de reconhecer as diferentes notações de modelagem (as mais comuns para a área de formação), seus objetivos e regras.					
3. Conheço no que consiste a atividade de simulação e seus objetivos.					
4. Sou capaz de reconhecer situações em que a simulação pode ser aplicada, considerando requisitos, vantagens e desvantagens.					
5. Sou capaz de definir o escopo do projeto, identificar os envolvidos e os recursos necessários para a sua realização em um estudo de simulação. Também sou capaz de identificar as atividades que serão executadas e seus prazos.					
6. Sou capaz de identificar os elementos que compõem o sistema em estudo, como entradas, processos, saídas, filas, clientes, servidores e materiais.					
7. Sou capaz de definir a notação a ser utilizada para construção do modelo conceitual com base nos objetivos do estudo e nível de detalhamento.					
8. Sou capaz de aplicar as técnicas e regras da notação escolhida para representar o sistema em estudo em um modelo conceitual.					
9. Sou capaz de compreender as regras de funcionamento do sistema em estudo a partir do modelo conceitual construído, incluindo os fluxos de materiais e informações.					

Leia as afirmativas a seguir e indique seu nível de concordância	Escala				
	1	2	3	4	5
10. Sou capaz de identificar os dados que caracterizam o sistema e deverão ser coletados (indicadores de filas), sua natureza e fonte.					
11. Sou capaz de definir as estratégias para coleta de dados, como cronoanálise, consulta a sistemas, documentos e/ou especialistas.					
12. Sou capaz de aplicar estratégias para coleta de dados, como cronoanálise, consulta a sistemas, documentos e/ou especialistas.					
13. Sou capaz de aplicar métodos estatísticos para tratamento dos dados, utilizando ferramentas computacionais específicas.					
14. Sou capaz de analisar e interpretar os dados de forma a coletar informações a respeito do sistema, como as distribuições de probabilidade que descrevem os processos de chegada e atendimento.					
15. Sou capaz de reconhecer as características básicas do sistema de simulação Arena e suas principais ferramentas.					
16. Sou capaz de traduzir o modelo conceitual para a notação utilizada pelo Arena e configurar o funcionamento do modelo.					
17. Sou capaz de definir os métodos de validação e verificação adequados ao estudo de simulação e aplicá-los.					
18. Sou capaz de analisar os resultados obtidos a partir da validação e verificação, e com base neles decidir sobre as próximas ações.					
19. Sou capaz de observar um modelo e identificar as variáveis que descrevem o seu desempenho.					
20. Sou capaz de definir um modelo de experimento adequado ao estudo de simulação e aplicá-lo, utilizando ferramentas computacionais específicas.					
21. Sou capaz de analisar e interpretar os resultados de um experimento de forma a coletar informações a respeito do sistema em estudo.					
22. Sou capaz de analisar os resultados da simulação e decidir sobre a solução para o problema inicial, justificando a escolha com argumentação técnica.					
23. Sou capaz de redigir um relato científico, seguindo o modelo de um artigo.					
24. Sou capaz de redigir relatórios técnicos, comunicando de forma eficaz os resultados de um projeto.					
25. Sou capaz de trabalhar em equipe.					

ANEXO 2 – Questionário para a avaliação das metodologias de ensino e aprendizagem adotadas

Leia as afirmativas a seguir e indique seu nível de concordância:	Escala				
	1	2	3	4	5
1. O desenvolvimento do projeto contribuiu para o desenvolvimento das competências avaliadas.					
2. As aulas expositivas dialogadas contribuíram para o desenvolvimento das competências avaliadas.					
3. A simulação computacional contribuiu para o desenvolvimento das competências avaliadas.					
4. Os exercícios contribuíram para o desenvolvimento das competências avaliadas.					