

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Simulação e Realidade Virtual: Uma Pesquisa Experimental em
Engenharia de Produção

Fernanda Rocha

Itajubá, julho de 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Fernanda Rocha

Simulação e Realidade Virtual: Uma Pesquisa Experimental em
Engenharia de Produção

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção como parte dos requisitos
para obtenção do Título de Doutor em Ciências em
Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. José Arnaldo Barra Montevechi

Julho de 2020

Itajubá

DEDICATÓRIA

À Deus por todas as bênçãos concedidas.
À minha mãe, Elza, ao meu pai, Wantuil, e
ao meu marido, Luiz Brito, pela paciência,
amor e incentivo, que me fizeram chegar até
aqui.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. José Arnaldo Barra Montevechi, pelos seus ensinamentos, encorajamento, motivação constantes e amizade.

Ao Prof. José Antônio Queiroz pelo imenso auxílio durante o período de desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof. Fabiano Leal pelas diversas contribuições dadas durante o doutorado.

Aos Professores Rafael de Carvalho Miranda e Tábata Fernandes Pereira, pelo tempo, conhecimento e principalmente amizade.

Aos amigos Gustavo e Tanita pelo apoio e companheirismo durante essa jornada.

Aos amigos do grupo de pesquisa Wilson, Afonso, Milena, Carlos, João Victor, e todos os que estiveram comigo nesta caminhada.

Ao Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, pela oportunidade que me foi concedida e pelo convívio com grandes professores e colaboradores.

A CAPES, CNPq e à FAPEMIG pelo apoio e incentivo à pesquisa brasileira, e pelo apoio financeiro concedido para realização deste trabalho por meio do programa de bolsas de estudo.

A todos vocês, meu muito obrigada!

EPÍGRAFE

“Pois a sabedoria entrará em seu coração, e o conhecimento o encherá de alegria.”
(Provérbios 3:20)

RESUMO

Melhorar o desenvolvimento da educação e aprendizado carecem de um estudo aprofundado, especialmente quando se trata do aprendizado de estudantes de graduação de Engenharia de Produção. A utilização de metodologias ativas de ensino é o principal interesse deste trabalho, que tem o objetivo de avaliar os resultados decorrentes da aplicação do Aprendizado Baseado em Simulação (ABS) ou *Simulation Based Learning* (SBL) sobre a transferência de aprendizagem. Nesta tese, foi investigado o uso de “Simulação a Eventos Discretos” e “Realidade Virtual” para melhorar o ensino de cronoanálise em disciplinas do curso de engenharia de produção. A Simulação a Eventos Discretos, aliada à Realidade Virtual, foi usada para reforçar o aprendizado substituindo uma linha de produção real por ambientes virtuais, conectando assim a teoria à prática. O método de pesquisa utilizado foi o da Pesquisa Experimental com a utilização de um grupo controle e um grupo experimental de alunos. Para a verificação da eficiência da Simulação em conjunto com Realidade Virtual foi feita uma análise comparativa entre as decorrências no ensino utilizando ABS Interativo e Imersivo com o método tradicional de ensino. Os resultados revelaram que o aprendizado com a utilização de Simulação em conjunto com Realidade Virtual pode melhorar a qualidade geral do aprendizado e aumentar a compreensão do aluno, além de aumentar sua confiança. Os resultados evidenciaram que os alunos demonstraram uma percepção positiva sobre a metodologia proposta. As descobertas do estudo apoiaram a Simulação a Eventos Discretos juntamente com Realidade Virtual como tendo potencial para fortalecer o desenvolvimento do aprendizado de alunos de graduação em Engenharia de Produção, preparando-os para atender às demandas da indústria por engenheiros mais preparados.

Palavras-chave: Simulação a Eventos Discretos, Aprendizado Baseado em Simulação, Realidade Virtual, Transferência de Aprendizado.

ABSTRACT

Improving the development of education and learning requires in-depth study, especially when it comes to the learning of undergraduate Production Engineering students. The use of active teaching methodologies is the main interest of this work, which aims to evaluate the results from Simulation Based Learning (SBL) on the transfer of learning. In this thesis, the use of "Discrete Events Simulation" and "Virtual Reality" was investigated to improve the teaching of chronoanalysis in the Production Engineering course disciplines.

Discrete Event Simulation, combined with Virtual Reality, was used to reinforce learning by replacing a real production line with virtual environments, thus connecting theory to practice. The research method used was the Experimental Research with the use of a control group and an experimental group of students.

To verify the efficiency of the Simulation in conjunction with Virtual Reality, a comparative analysis was made between the results in teaching using SBL Interactive and Immersive with the traditional teaching method. The results revealed that learning with the use of Simulation in conjunction with Virtual Reality could improve the overall quality of learning and increase student understanding, in addition to increasing their confidence.

The results showed that the students demonstrated a positive perception about the proposed methodology. The study's findings supported the Discrete Events Simulation together with Virtual Reality as having the potential to strengthen the development of undergraduate students in Production Engineering, preparing them to meet the industry's demands for more prepared engineers.

Keywords: Discrete Event Simulation, Simulation-Based Learning, Virtual Reality, Transfer of Learning.

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Passos para condução de ABS	22
Figura 2.2 - Passos para projetos de simulação	26
Figura 2.3 - Protocolo de pesquisa	32
Figura 2.4 - Artigos publicados por ano	34
Figura 3.1 - Classificação da Pesquisa	49
Figura 3.2 - Representação do Estudo Experimental	50
Figura 3.3 - Condução do Experimento	55
Figura 4.1 - Modelo conceitual do processo – IDEF SIM – parte 1.....	61
Figura 4.2 - Modelo conceitual do processo – IDEF SIM – parte 2.....	62
Figura 4.3 - Modelo conceitual do processo – IDEF SIM – parte 3.....	63
Figura 4.4 - Teste de normalidade do sistema real	64
Figura 4.5 - Teste de normalidade do modelo simulado	65
Figura 4.6 - Teste 2- <i>Sample t</i> para dados reais e simulados	66
Figura 4.7 - Dispositivo de RV	66
Figura 4.8 - Linha de montagem Kart	67
Figura 5.1 - Posição dos alunos para cronometragem	72
Figura 5.2 - Registro da atividade avaliativa do dia 29 de maio de 2019	73
Figura 5.3 - Definição dos elementos	74
Figura 5.4 - Utilização do aplicativo de cronometragem	74
Figura 5.5 - Teste de normalidade para tempos coletados	77
Figura 5.6 - Teste de normalidade para tempos reais	77
Figura 5.7 - Teste de normalidade para tempos coletados	79
Figura 5.8 - Teste de normalidade para tempos reais	79
Figura 5.9 - Porcentagem de alunos que cronometraram corretamente	80
Figura 5.10 - Relatório da análise das notas dos alunos	83
Figura 5.11 - Comentários classificados no GP	94
Figura 5.12 - Comentários classificados no GCC	95
Figura 6.1 - Estrutura proposta para condução de ABS em EPR	105

Lista de Tabelas e Quadros

Tabela 1.1 - Análise Bibliométrica inicial	13
Tabela 1.2 - Análise Bibliométrica combinando termos	14
Tabela 1.3 - Análise Bibliométrica	14
Quadro 2.1 - Exemplos do uso da Realidade Virtual na educação	28
Tabela 2.1 - Condição atual	35
Tabela 5.1 - Dados do Posto 4 – Grupo Controle – Montagem do dia 15/05/2019	76
Tabela 5.2 - Dados do Posto 4 – Grupo experimental – Montagem do dia 28/05/2019	78
Tabela 5.3 - Regra para pontuação dos critérios	81
Tabela 5.4 - Pesos dos critérios avaliativos	82
Quadro 5.1 - Questionário respondido pelo grupo experimental	85
Tabela 5.5 - Classificação da confiabilidade a partir do coeficiente de Alfa de Cronbach	86
Tabela 5.6 - Análise do Questionário grupo experimental	87
Quadro 5.2 - Categorias apresentadas para análise de conteúdo	92
Tabela 5.7 - Categorização dos comentários	93
Quadro 5.3 - Questionário pós atividade avaliativa	96
Tabela 5.8 - Estatísticas de itens omitidos – Grupo Controle	97
Quadro 5.4 - Questionário pós atividade avaliativa – Grupo Controle	98
Tabela 5.9 - Análise Questionário Grupo Experimental	99
Tabela 5.10 - Análise Questionário Grupo Controle	99
Quadro 6.1 - Descrição das etapas de ABS em EPR	106

Sumário

1. Introdução	10
1.1 Contextualização	10
1.2 Definição do problema de pesquisa	12
1.3 Objetivos	12
1.4 Contribuições	13
1.5 Estrutura da tese	15
2. Revisão de Literatura	16
2.1 Diretrizes do curso de Engenharia de Produção	16
2.2 Aprendizado Baseado em Simulação	18
2.2.1 Conceitos básicos de ABS	21
2.3 Simulação a Eventos Discretos	24
2.4 Realidade Virtual na educação	27
2.5 Transferência de aprendizado	28
2.6 Revisão Sistemática da Literatura	30
2.6.1 Sumarização dos resultados	33
2.6.1.1 Condição Atual	33
2.6.1.2 Perspectivas sobre ABS na engenharia	35
2.6.1.3 Discussão	43
2.6.2 Conclusão e futuras direções	45
2.7 Considerações finais do Capítulo	47
3. Classificação e etapas da Pesquisa	48
3.1 Considerações iniciais	48
3.2 Classificação da Pesquisa	48
3.3 Pesquisa Experimental	49
3.4 População e amostra	53
3.5 Condução do Experimento	54
3.6 Considerações finais	57
4. Desenvolvimento da Pesquisa	58
4.1 Considerações iniciais	58
4.2 Descrição do ambiente virtual	59
4.3 Conteúdo da Cronoanálise	67
4.4 Atividade Avaliativa	68
5. Análise dos Resultados	71
5.1 Considerações iniciais	71
5.2 Análise Qualitativa	71
5.3 Análise Quantitativa e Qualitativa	83
5.3.1 Questionário respondido pelos alunos do grupo experimental	83
5.3.1.1 Análise do Alfa de Cronbach	86
5.3.1.2 Resultados e análise do questionário	86
5.3.1.3 Análise de Conteúdo.....	91
5.3.2 Questionário respondido após a atividade avaliativa	95
5.3.2.1 Análise do Alfa de Cronbach	96
5.3.2.2 Resultados e análise do questionário pós atividade avaliativa	98

6. Método proposto	102
6.1 Considerações iniciais	102
6.2 Método para condução de ABS em EPR	102
7. Conclusões	109
7.3 Sugestões para trabalhos futuros	116
Apêndice A	117
Apêndice B	119
Apêndice C	120
Apêndice D.....	122
Apêndice E	124
Apêndice F	126
Referências	127
Anexo A	142

1.1 Introdução

O presente capítulo apresenta uma contextualização do tema. São identificadas questões sobre desenvolvimento do aprendizado e formação do engenheiro. São abordados os benefícios do uso de simulação e realidade virtual em educação. Apresenta-se o problema que a pesquisa procura resolver, seguido do objetivo geral, objetivos específicos e das contribuições da tese.

1.1 Contextualização

O crescimento industrial remete a condições de produção e decisões cada vez mais ágeis e assertivas em resposta à concorrência, o que torna de suma importância uma formação diferenciada dos engenheiros. Aquilo que é ensinado e como é ensinado é determinante para o sucesso do graduado em Engenharia de Produção no mercado de trabalho.

De acordo com McComb e Kirkpatrick (2016), a perspectiva da educação superior está em transformação, com desenvolvimento de instruções centradas no aluno e oportunidades educacionais profissionais, sendo assim necessária a inovação dos métodos educacionais para atender as características tecnológicas na educação de engenharia (LÓPEZ *et al.*, 2011).

A educação em engenharia deve capacitar os alunos a enfrentar os desafios crescentes e as demandas cada vez mais complexas para o trabalho. De acordo com Ausubel (2012) são importantes para os alunos ter habilidades profissionais tais como: resolução de problemas, comunicação e trabalho em equipe.

No entanto, os graduados em engenharia de hoje carecem dessas habilidades e têm dificuldade em aplicar conhecimentos fundamentais à problemas de prática.

Isso requer que o ensino, a aprendizagem e a avaliação sejam pensados para possibilitar aos alunos a aquisição dessas características, formando graduados que estejam prontos para assumir tarefas de engenharia após a graduação (AUSUBEL, 2012), transferindo o aprendizado adquirido para contextos reais. A transferência de aprendizado é o nível em que os alunos utilizam os conhecimentos adquiridos em um contexto para outro contexto similar ou diferente (IGNATAVICIUS e CHUNG, 2016).

Sendo assim, a simulação é utilizada para reproduzir cenários semelhantes à realidade, além de aperfeiçoar as condutas que serão necessárias em um ambiente real (QUILICI *et al.* (2012). A Simulação a Eventos Discretos (SED) caracteriza-se por ser apropriada para execução de modelos em ambientes computacionais, sendo indicada para a utilização no ensino de sistemas produtivos.

A simulação possibilita a representação de modelos fiéis e dinâmicos, com controle sobre tempo e custo, diminuindo a necessidade de acontecer experimentações no sistema real (AHMED *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2008).

Segundo Zhu *et al.* (2015) a simulação computacional é uma das ferramentas mais relevantes para analisar questões envolvidas em processos complexos, tornando crescente sua utilização em contextos educacionais para a aquisição de conhecimento de maneira ativa.

O Aprendizado Baseado em Simulação (ABS) é um método caracterizado pelo aprendizado ativo que acontece em um ambiente seguro e sem risco, formando a aprendizagem, o conhecimento prático, o trabalho em equipe, a comunicação e a capacidade de liderar (FLATO e GUIMARÃES, 2011).

O ABS é uma estratégia de aprendizado centrada no aluno com o professor atuando como facilitador da aprendizagem, permitindo que o aluno tenha maior motivação e direção (JEFFRIES, 2005).

Na literatura há um grande número de trabalhos relatando a eficácia do uso de simulação no ensino, possibilitando a melhora da compreensão conceitual dos alunos (MARTIN, 2018; FRASER *et al.*, 2007) e aumentando a capacidade de aprendizado (MCHANEY, 2018; NDAHI *et al.*, 2007; CHUNG *et al.*, 2001). No entanto, foi observado por meio de uma revisão sistemática da literatura apresentada nesta tese, uma escassez de trabalhos sobre a eficácia do Aprendizado Baseado em Simulação interativa e imersiva para melhorar a transferência de aprendizado.

Deste modo, esta tese considerou as características da SED, a Realidade Virtual (RV) e suas características de interação e imersão e os fundamentos do ABS para investigar a ocorrência da transferência de aprendizado dos alunos de graduação de Engenharia de Produção, utilizando para isso, o método de pesquisa experimental.

Foi observada a assimilação dos alunos de acordo com os acertos e erros durante a atividade avaliativa, verificando seu desempenho para associar teoria e prática.

1.2 Definição do Problema

O ensino de engenharia é apoiado principalmente pelas abordagens pedagógicas tradicionais. No entanto, devido ao recente avanço na área tecnológica, abriu-se completamente para novos temas de pesquisa no campo da educação.

Um dos problemas detectados é a dificuldade apresentada pelo aluno de engenharia em utilizar a teoria na prática, assim como relacionar o conteúdo de uma disciplina com outra. O sistema de ensino colabora para que o curso seja desenvolvido em sua maior parte na sala de aula, não havendo cuidado para que ocorra a construção de competências e habilidades, assim como, interação entre os conceitos teóricos e a prática. Pesquisadores em educação apontam a relevância de criar espaços de conexão entre teoria e prática e da diversidade de experiências (CASANOVA *et al.*, 2011).

Os educadores devem desenvolver um ambiente acadêmico que colabore para o aprendizado dos estudantes (SABAH, 2016).

O mercado global competitivo de hoje e o ambiente de trabalho em constante mudança exigem que os engenheiros possuam habilidades, além de serem capazes de entender os objetivos do projeto e ter a capacidade de alcançá-los com os recursos disponíveis (BOAHIN e HOFMAN, 2014).

Considerando este contexto, tem-se a seguinte questão para esta pesquisa: Aprendizado Baseado em Simulação imersiva e interativa exerce influência na transferência de aprendizado no ensino de cronoanálise?

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é investigar a transferência de aprendizado utilizando ABS interativa e imersiva no ensino de Engenharia de Produção, por meio da pesquisa experimental.

Como objetivos específicos desta tese, tem-se:

- Realizar uma Revisão Sistemática da Literatura sobre Aprendizado Baseado em Simulação no ensino de engenharia;

- Desenvolver um ambiente virtual baseado em uma linha de produção que permita aos alunos visualizarem as características encontradas em uma linha de produção real;
- Propor um método de condução de Aprendizado Baseado em Simulação usando Simulação a Eventos Discretos e Realidade Virtual, no ensino de Engenharia de Produção.

1.4 Contribuições

A presente pesquisa buscou contribuir cientificamente realizando uma discussão teórica sobre o tema central, Aprendizado Baseado em Simulação, e, identificar lacunas teóricas. A partir dessa identificação, foi proposto um método de condução do ABS em disciplinas de graduação de Engenharia de Produção. Além disso, buscou-se o resultado principal do trabalho, ou seja, investigar a transferência de aprendizado dos alunos em disciplinas de Engenharia de Produção utilizando ABS, a fim de apoiar o ensino tradicional tornando-o mais eficaz.

Com o intuito de demonstrar a relevância desta tese, assim como sua contribuição científica para o tema pesquisado, foi realizada uma análise bibliométrica em maio de 2020, na base de dados *Scopus*. Foram utilizados os principais temas desta tese: Aprendizado Baseado em Simulação, Realidade Virtual e Transferência de Aprendizado.

Inicialmente, buscou-se os temas separadamente, em títulos, resumos e palavras-chave, limitando a pesquisa em artigos de língua inglesa, com a finalidade de verificar o número de artigos encontrados na literatura referentes aos temas. O resultado desta pesquisa inicial pode ser visualizado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Análise bibliométrica inicial

Termos	Quantidade de artigos
<i>Simulation-Based Learning</i>	707
<i>Learning Transfer</i>	2.289
<i>Virtual Reality</i>	122.792

De acordo com os dados da Tabela 1.1, percebe-se que os artigos relacionados ao tema Realidade Virtual são encontrados em maior número de publicações, isso pode estar relacionado ao avanço desta tecnologia.

Em seguida, foi realizado uma busca na base de dados *Scopus*, combinando os termos, nos campos de títulos, resumos e palavras-chave, limitando em artigos de língua inglesa. Essa busca foi realizada com o intuito de verificar a existência de trabalhos que estejam relacionados aos três temas em questão, como pode ser visto na Tabela 1.2.

Tabela 1.2 – Análise bibliométrica combinando termos

Termos	Quantidade de artigos	Área
“Simulation-Based Learning” + “Transfer of Learning”	5	Saúde (3) Administração (1) Ensino médio (1)
“Simulation-Based Learning” + “Virtual Reality”	12	Saúde (8) Profissional (4)
“Virtual Reality” + “Transfer of Learning”	37	Saúde (36) Administração (1)
“Simulation-Based Learning” + “Transfer of Learning” + “Virtual Reality”	0	-

A partir da Tabela 1.2, percebe-se que ao buscar por dois termos em conjunto são encontrados poucos artigos relacionados, porém nenhum deles na área de Engenharia de Produção. Enquanto, ao buscar-se pelos três termos em conjunto não são encontrados artigos. A fim de confirmar a não existência de artigos foi realizado uma busca com os três termos em conjunto em outras bases de dados, como pode ser visualizado na Tabela 1.3.

Tabela 1.3 – Análise Bibliométrica

“Simulation-Based Learning” + “Transfer of Learning” + “Virtual Reality”	
Base de Dados	Quantidade de artigos
<i>Direct Science</i>	0
<i>Wiley Online</i>	5
<i>Scielo</i>	0
<i>Web of science</i>	0
<i>Taylor & Francis</i>	2
<i>Emerald</i>	0
<i>Springer</i>	0

De acordo com os dados da Tabela 1.3, percebe-se que apenas nas bases de dados *Wiley* e *Taylor & Francis* foram encontrados artigos relacionados com o tema. Porém,

todos os artigos encontrados na *Wiley* estão relacionados a área de saúde. Analisando os 2 artigos encontrados na base de dados *Taylor & Francis*, um deles está relacionado a área de saúde e o outro está relacionado ao uso de simulação como jogo. Nota-se que estes artigos não apresentam a mesma abordagem delimitada nesta tese. Assim sendo, confirma-se a relevância e o ineditismo desta tese.

Além disso, foi feita uma análise bibliométrica na base de dados *Scopus* a fim de verificar a existência de artigos relacionados à métodos de condução de ABS. Foram utilizados os termos “*Simulation-Based Learning*” e “*framework*” ou “*steps*” ou “*scheme*” ou “*guide*”.

Foram encontrados 94 artigos, dos quais 86 estavam relacionados com a área da saúde, 4 estavam relacionados com diversas áreas como geografia, idiomas e políticas públicas. Os outros 4 artigos estavam relacionados à engenharia, dos quais três artigos apresentaram *frameworks* para desenvolver o ambiente de simulação (LÓPEZ *et al.*, 2011; GOVASI *et al.*, 2004; ALLWOOD *et al.*, 2001) e um artigo apresentou um *framework* para avaliar o tipo de simulação escolhida para o ensino (FREITAS e OLIVER, 2006). Nota-se que não foram encontrados artigos que apresentavam uma estrutura de condução de ABS no ensino de engenharia.

Portanto, confirma-se a importância de oferecer um método de condução do ABS no ensino de Engenharia de Produção,

1.5 Estrutura da Tese

Este trabalho está estruturado em mais seis capítulos. O capítulo 2 apresenta a revisão de literatura, que abrange os temas aqui abordados, como Simulação a Eventos Discretos, Realidade Virtual, Transferência de Aprendizado e uma revisão sistemática sobre o Aprendizado Baseado em Simulação. Os capítulos 3 e 4, descrevem o método e a condução da pesquisa, respectivamente. Os resultados são apresentados no capítulo 5, seguido do método proposto no capítulo 6. As conclusões são apresentadas no Capítulo 7 e, finalizando, tem-se as referências bibliográficas e os apêndices.

2. Revisão de Literatura

2.1 Diretrizes do curso de Engenharia - Competências e habilidades do Engenheiro

Williams *et al.* (2013), argumentam sobre a necessidade da formação de engenheiros capazes de atender o mercado de trabalho em crescente desenvolvimento, considerando as competências fundamentais na formação desses profissionais.

De acordo com Plutenko *et al.* (2018), competência é um novo modo de determinação de objetivos, significando uma mudança dos padrões de avaliação acadêmicos para uma avaliação voltada para a eficiência profissional e social dos graduados. Competência difere de qualificação, pois competência não está apenas relacionado a possuir conhecimento e habilidade, mas também ter capacidade e preparo para utilizá-los.

Stavytska (2017) define competência como a capacidade de usar conhecimentos e habilidades em situações de trabalho no desenvolvimento profissional. Conhecimento é a base para desempenhar uma atividade com êxito, é o conteúdo necessário para preparar o aluno, e habilidade é definida como atributos adquiridos para desempenhar com sucesso tal atividade com resultado específico (PEKKANEN *et al.*, 2020).

O conteúdo é fornecido aos alunos em sala de aula, enquanto a habilidade é alcançada pelas metodologias ativas de aprendizagem. Aprendizagem ativa são atividades instrucionais que envolvem os estudantes no processo de aprendizagem através do fazer e pensar no que estão fazendo (DONNELLY e FRAWLEY, 2020).

Portanto, é necessário que o engenheiro tenha o embasamento teórico e também seja capaz de organizar e empregar seus conhecimentos e habilidades de maneira eficaz, produzindo resultados satisfatórios.

As habilidades pretendidas na engenharia são alcançadas por meio do ensino prático e participativo (CRAWLEY *et al.*, 2011).

Assim sendo, os cursos de Engenharia de Produção buscam formar seus engenheiros incentivando o desenvolvimento de competências e habilidades, tendo como base as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação de Engenharia, resolução nº 2, de 24 de abril de 2019.

As competências e habilidades definidas para o Engenheiro, de acordo com a resolução nº 2 de 24 de abril de 2019, são:

I- Formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto:

a) ser capaz de utilizar técnicas adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos;

b) formular, de maneira ampla e sistêmica, questões de engenharia, considerando o usuário e seu contexto, concebendo soluções criativas, bem como o uso de técnicas adequadas;

II- Analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio dos modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação:

a) ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras;

b) prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;

c) conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo;

d) verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas;

III- conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos:

a) ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;

b) projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;

c) aplicar conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos serviços de Engenharia;

IV- Implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia:

a) ser capaz de aplicar os conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar a implantação das soluções de Engenharia;

b) estar apto a gerir, tanto a força de trabalho quanto os recursos físicos, no que diz respeito aos materiais e à informação;

c) desenvolver sensibilidade global nas organizações;

d) projetar e desenvolver novas estruturas empreendedoras e soluções inovadoras para os problemas;

e) realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental;

V- Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica:

a) ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis;

VI- Trabalhar e liderar equipes multidisciplinares:

a) ser capaz de interagir com diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;

b) atuar, de forma colaborativa, ética e profissional em equipes multidisciplinares, tanto localmente quanto em rede;

c) gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;

d) reconhecer e conviver com as diferenças socioculturais nos mais diversos níveis em todos os contextos em que atua (globais/locais);

e) preparar-se para liderar empreendimentos em todos os seus aspectos de produção, de finanças, de pessoal e de mercado;

VII- Conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão:

- a) ser capaz de compreender a legislação, a ética e a responsabilidade profissional e avaliar os impactos das atividades de Engenharia na sociedade e no meio ambiente;
 - b) atuar sempre respeitando a legislação, e com ética em todas as atividades, zelando para que isto ocorra também no contexto em que estiver atuando; e
- VII- Aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação:
- a) ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias;
 - b) aprender a aprender.

Assim, para suprir as novas perspectivas da educação apresentadas nas diretrizes para os cursos de Engenharia, é necessário além de transmitir conhecimento, criar possibilidades para a construção de habilidades.

2.2 Aprendizado Baseado em Simulação

De acordo com Boje *et al.* (2017) há uma crescente utilização do ABS associado ao uso de tecnologia avançada.

O Aprendizado Baseado em Simulação (ABS) integra a aprendizagem para execução de tarefas, técnicas de representação de papéis, ou solução de problemas (PILCHER *et al.*, 2012), criando oportunidades hipotéticas que facilitam o envolvimento ativo dos alunos (BLAND *et al.*, 2011), em um ambiente educacional seguro, útil e realista (AGHA e FOWLER, 2015).

As simulações educacionais oferecem uma variedade de ambientes seletivamente representativos que podem proporcionar experiências de aprendizado altamente eficazes (ALDRICH, 2005). A simulação impulsiona a aprendizagem ativa que desenvolve *expertise* (TORKSHAVAND *et al.*, 2019; KLABBERS, 2001). Kriz (2003) descreve a simulação como sendo um ambiente de aprendizado que converte o aprendizado orientado em ação intencional.

O Aprendizado Baseado em Simulação não é um conceito novo no ensino e vem sendo estudado por pelo menos seis décadas (HALLINGER e WANG, 2019). No entanto, esta abordagem de aprendizagem ativa é amplamente aplicada em escolas médicas, faculdades de direito, militares e para cursos de ciências políticas, em que os estudantes adquirem e praticam certas habilidades sem expor pacientes, clientes e funcionários a um risco (LATEEF, 2010). As atividades de simulação podem ser pelo uso de elementos como

modelos físicos e artefatos, simuladores técnicos, tecnologia baseada em computador e/ou interpretação de papéis entre os participantes (KAAKINEN e ARWOOD, 2009; ALDRICH, 2005).

O Aprendizado Baseado em Simulação é uma experiência que coloca o aluno em um contexto que ele potencialmente encontraria em uma situação real. O uso de simuladores como ferramenta de ensino é difundido, tanto em áreas acadêmicas quanto em áreas de negócios (DAVIDOVITCH *et al.*, 2006).

Diferentes tipos de simuladores são usados em muitos campos, como aviação (KANKI *et al.*, 2017), assistência médica (LANGEMEYER, 2014; COLLIN *et al.*, 2010), indústria marítima (SKJERVE e BYE, 2011) e indústrias de produção (ABEL e AVERY, 2012). Em particular, as simulações estão se tornando parte integrante da educação gerencial e de engenharia à medida que os alunos aprendem usando ou construindo simulações de sistemas e processos complexos (REISE *et al.*, 2014; POZZI *et al.*, 2015; RUTTEN *et al.*, 2012).

Os simuladores podem incorporar mecanismos especiais de ensino e aprendizagem para apoiar o aluno individual. Os alunos que usam um simulador são capazes de "parar o mundo" e "sair" do processo simulado para analisá-lo e compreendê-lo melhor (PARUSH *et al.*, 2002).

A simulação apresenta modelos computacionais dinâmicos capazes de registrar os processos conforme os acontecimentos do mundo real (SMETANA e BELL, 2012; CANT e COOPER, 2010).

A simulação possibilita que os alunos manipulem parâmetros que controlam os processos e observem imediatamente os resultados associados (MAK e MCCURD, 2019). Esse retorno dinâmico e quase instantâneo permite que os alunos entendam melhor esses processos e as variáveis que os controlam (LUO *et al.*, 2018; PERKINS *et al.*, 2012). Deste modo, a simulação é apropriada para despertar interesse dos alunos, com crescente utilização na educação para melhorar a aprendizagem (DAY, 2012; DE JONG, 2006; TVERSKY *et al.*, 2002).

Além disso, simulações com computadores permitem que os alunos explorem diferentes cenários. Isso dá aos alunos um senso de controle e apropriação de seu

aprendizado, o que pode ajudar a construir sua confiança e promover uma atitude positiva (PODOLEFSKY *et al.*, 2013).

O Aprendizado Baseado em Simulação é consistente com os fundamentos construtivistas de aprendizado. De acordo com os princípios construtivistas, os alunos necessitam de oportunidades para experiências concretas e contextualmente significativas, através das quais possam buscar padrões, levantar questões, modelar e interpretar suas estratégias e ideias (LATHROP *et al.*, 2007).

A simulação como ferramenta de ensino apresenta vantagens, principalmente por replicar o meio físico original, proporcionando oportunidades para investigar situações até então consideradas difíceis ou impraticáveis de explorar em cenários reais (KOMULAINEN e SANNERUD, 2018; TAN *et al.*, 2009).

As simulações estão associadas ao aprender fazendo (ALDRICH, 2005), onde os alunos assimilam as habilidades e conceitos necessários por meio do desenvolvimento de atividades adequadamente projetadas por seus instrutores (JUAN *et al.*, 2017). Os experimentos simulados como alternativas ao trabalho prático real ajudam os alunos a obter *insights* sobre uma variedade de processos, procedimentos e sistemas (MIN, 2006). As simulações também podem apoiar a aprendizagem por meio de atividades de observação, exploração ou tarefas. Assim, outros tipos de aprendizado podem ser oferecidos por meio de simulações (MIN, 2006) tais como:

- Aprendizado de descoberta livre: os alunos trabalham sozinhos e fazem o que gostam por meio da autoaprendizagem. Alguma forma de treinamento ou instrução pode ser necessária;
- Aprender fazendo atribuições: os alunos são obrigados a formular hipóteses e testá-las por meio de simulação. Habilidades como pensamento crítico, enquadramento de problemas, análise, síntese, avaliação e reflexão podem ser desenvolvidas;
- Aprendizagem guiada: os alunos são providos de suportes, treinamento e orientação através do fornecimento de ferramentas; eles incluem um sistema de ajuda, um tutorial completo ou uma instrução simples, incorporados ao sistema ou instruções de execução ao lado de uma simulação em um sistema operacional multitarefa, um sistema inteligente para gerar perguntas de teste e um tutor inteligente;

- Aprendizagem orientada a problemas: os alunos respondem a um caso e seguem os passos em sequência. Os alunos precisam analisar, diagnosticar e resolver problemas, bem como refletir sobre seu desempenho e prática.

O ABS têm sido usado em uma ampla variedade de situações como melhoria da compreensão de sistemas fluido-sólidos em engenharia química (LIM, 2017), aumento do nível de entendimento em curso introdutório de programação (TUPAROV *et al.*, 2014), substituição de laboratórios por laboratórios virtuais (FANG *et al.*, 2011), mídia digital interativa (TAN, 2009), gerenciamento de projetos em engenharia de sistemas (DAVIDOVITCH *et al.*, 2007), e mecânica de fluidos (FRASER *et al.*, 2007).

Fora do domínio da engenharia, as simulações têm sido amplamente utilizadas na educação médica e de saúde. Os métodos de simulação revolucionaram o treinamento em áreas como cuidados intensivos, ressuscitação, cirurgia e anestesiologia, permitindo a transferência de conhecimento e habilidades para os prestadores de serviços de saúde, garantindo a segurança do paciente (HANRAHAN *et al.*, 2018, BASHAW, 2016; BALL *et al.*, 2015; PHILLIPS e PONSKY, 2011). O ABS também tem uma ampla gama de aplicações em educação e treinamento militar, como por exemplo, na análise de problemas militares e processos de tomada de decisão (CIOPPA *et al.*, 2004), em cursos militares de ensino a distância (KEH *et al.*, 2008) e no treinamento em simulador de voo (KE e CARAFANO, 2016).

2.2.1 Conceitos Básicos de Aprendizado Baseado em Simulação

Visto que a simulação é cada vez mais usada para estudar vários contextos, principalmente na área de saúde, é importante utilizar procedimentos para conduzir a simulação como metodologia de ensino (CHENG *et al.*, 2014). Trabalhos anteriores mostraram como os instrutores de simulação projetam e conduzem configurações de aprendizagem baseadas em simulação (CURRAN, 2008; DIECKMANN, 2009; EPPICH *et al.*, 2011).

Para a utilização da aprendizagem baseada em simulação há utilização de uma estrutura típica de curso que consiste em uma introdução, resumo do simulador, cenários, *debriefing* e finalização do curso (LEON-CASTELAO e MAESTRE, 2019; DIECKMANN *et al.*, 2007).

Dieckmann (2009) desenvolveu um modelo que captura os fatores relevantes em cursos baseados em simulação em saúde. O modelo apresenta sete diferentes fases de um curso baseado em simulação, visualizado na Figura 2.1.

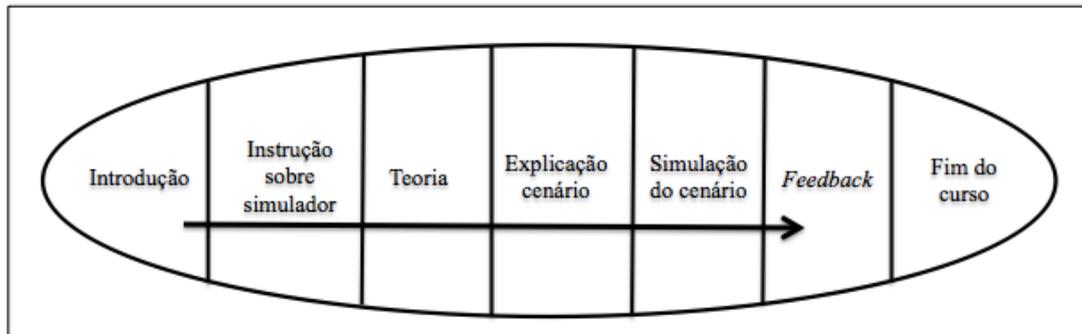


Figura 2.1-Passos para condução de ABS
Fonte: Dieckmann (2009).

Na etapa introdução, ou pré-simulação, os participantes são familiarizados com o ambiente, seus papéis, os objetivos da aprendizagem da simulação e qualquer outra informação necessária do cenário (LEIGH e STEUBEN, 2018; OSTERGAARD *et al.*, 2004; BEAUBIEN e BARKER, 2004).

O Aprendizado Baseado em Simulação começa com a elaboração dos objetivos dos participantes, descritos antes do início da atividade. Os objetivos definidos orientam os participantes durante a simulação, além de guiar a preparação antes da simulação (briefing), facilitar o aprendizado durante a simulação e *feedback* ou *debriefing* após a simulação.

Os objetivos são fundamentais para determinar se os resultados da experiência de aprendizado baseada em simulação foram alcançados (LEIGH e STEUBEN, 2018).

Estabelecido o objetivo, deve-se preparar o cenário, determinando expectativas e considerando como o cenário se encaixa no currículo ou contexto prático. Os cenários devem ser projetados para coincidir com os objetivos de aprendizagem e testados por participantes especialistas antes da implementação (BEAUBEIN e BAKE, 2004).

Em seguida, há a inclusão de um facilitador, moderador. O moderador é um instrutor ou tutor que orienta o processo de simulação. Durante a simulação, o moderador pode intervir para fornecer *feedback* ou dar informações adicionais ao aluno (ISSENBERG *et al.*, 2005). O moderador deve estar pronto para fornecer apoio ou assistência, mas deve

conter-se quando tal apoio não é necessário (KNEEBONE, 2005). O *debriefing* é utilizado para que os alunos atinjam os objetivos, facilitando a compreensão da teoria (VERKUYL *et al.*, 2017).

A facilitação deve estar ajustada ao nível de aprendizado e conhecimento dos alunos e ser apoiada na teoria. Portanto, os métodos de facilitação devem (FRANKLIN *et al.*, 2013):

- Ter uma orientação preliminar, cuja duração pode variar dependendo da complexidade da simulação baseada em experiência de aprendizado;
- Fornecer regras básicas para manter um ambiente seguro;
- Discutir com os participantes que erros podem ser cometidos.

A condução do *debriefing* identifica e reforça as lições aprendidas. A integração do processo de *debriefing* no aprendizado baseado em simulação aumenta a aprendizagem e autoconfiança dos participantes (HA, 2020).

Alguns autores identificaram o *debriefing* como a parte mais importante do processo de simulação (OSTOVAR *et al.*, 2018; ISSENBERG *et al.*, 2005), pois os alunos e os professores se beneficiam de oportunidades para refletir sobre a simulação e o aprendizado e fornecer *feedback* (ALI e MUSALLAM, 2018; OSTERGAARD *et al.*, 2004) avaliando as ações durante o cenário e reforçando as práticas eficazes, sendo um importante componente de ganho de conhecimento (HALL e TORI, 2017).

Por fim, para promover resultados válidos e confiáveis, determine o tipo de avaliação do participante antes da experiência de simulação. O uso de simulação suporta avaliação ou análise de comportamentos demonstrados nos domínios da aprendizagem: conhecimento, atitude e habilidades (LEIGH e STEUBEN, 2018; SANDO *et al.*, 2013).

A eficácia do ABS pode ser avaliada de maneiras diferentes como (FANG *et al.*, 2010):

- Comparar o tamanho do efeito dos grupos experimental e controle;
- Relacionar o tempo gasto com o ABS para alcançar resultados padronizados de aprendizagem;
- Contrastar pontuações pré-teste e pós-teste;
- Comparar as pontuações da lista de verificação da avaliação inicial e final;
- Analisar o desempenho em tarefas definidas.

2.3 Simulação a Eventos Discretos

De acordo com Golbasi e Turan (2020) a simulação oferece melhor compreensão de um sistema complexo imitando seu desempenho.

Simulação a Eventos Discretos (SED) é uma ferramenta flexível que possibilita a análise de diferentes alternativas de configurações do sistema e estratégias operacionais para apoiar a tomada de decisão (NEGAHBAN e SMITH, 2014), em um ambiente livre de riscos físicos ou elevados custos envolvidos (MONTEVECHI *et al.*, 2007).

Os modelos de simulação são meios de representar uma operação existente, uma operação em construção ou até mesmo uma operação hipotética de um sistema (LAURINDO *et al.*, 2018).

Os modelos de simulação são caracterizados por uma construção lógica e por distribuições de probabilidades que inserem variações aleatórias dentro do modelo. Na simulação os dados probabilísticos dos elementos do sistema são selecionados de forma randômica, tornando a simulação uma ferramenta importante na reprodução de comportamentos existentes na realidade. Os modelos de simulação são uma representação clara de um sistema da vida real que permite compreender e resolver um problema por meio de uma abordagem experimental (BOTÍN *et al.*, 2015).

Além disso, Carson II (2004) diz que a simulação auxilia na identificação de falhas e gargalos de um sistema sem a necessidade de alterar ou criar um processo real.

De acordo com Kelton *et al.* (2007) e Banks *et al.* (2005), as linguagens computacionais existentes para simulação, a eficiente capacidade computacional para tratar problemas complexos e a metodologia para simulação, tornaram esta uma ferramenta muito bem aceita e difundida na área de pesquisa operacional.

Segundo Banks *et al.* (2009), Freitas Filho (2008), Carson II (2004), a simulação apresenta vantagens que contribuem para sua crescente utilização em diversas áreas. As vantagens são:

- Melhor controle sobre as condições experimentais, mostrando o que seria possível fazer no sistema real, possibilitando várias replicações com alteração dos parâmetros;
- Capacidade de simular períodos longos em um tempo reduzido;

- Permite obter conclusões sem alterações no sistema real, não ocorrendo riscos de acidentes ou outros inconvenientes;
- Possibilita explorar novos procedimentos, regras de decisão e fluxos de informação, sem interferir ou interromper o sistema real;
- Testa hipóteses de como e porque ocorrem certos eventos.

A SED representa sistemas por meio de modelos computacionais, planeja e melhora fluxos e processos (SKOOGH *et al.*, 2012), auxilia na tomada de decisões (PEHRSSON *et al.*, 2013), sem a necessidade de investir tempo e esforço na mudança dos sistemas físicos (BAINES *et al.*, 2003).

Segundo Morabito Neto e Pureza (2012), a simulação é a reprodução de um sistema real por meio de um modelo computacional, oferecendo o benefício da visualização desse sistema, permitindo a implementação de mudanças, além de possibilitar verificar “o que aconteceria se” (*what-if*), reduzindo custos e tempo.

A simulação é uma das técnicas mais utilizadas em diferentes áreas, principalmente devido à facilidade de analisar sistemas complexos como um todo (JAHANGIRIAN *et al.*, 2010), sendo possível ser aplicada juntamente com outras técnicas (ALRABGHI e TIWARI, 2015).

Para a utilização da SED em um projeto, algumas etapas devem ser seguidas. Montevechi *et al.* (2010), descrevem essas etapas conforme Figura 2.2.

Na primeira fase, fase de concepção, acontece a compreensão do sistema, seus objetivos (CHWIF e MEDINA, 2010) e a criação do modelo conceitual (SARGENT, 2013). Uma das técnicas existentes para a modelagem conceitual é o IDEF-SIM (LEAL *et al.*, 2008). O IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*) permite o desenvolvimento do modelo conceitual com as informações necessárias para a fase computacional. Sua simbologia pode ser visualizada no Anexo A.

Após a criação do modelo conceitual, inicia-se a coleta e modelagem dos dados relevantes para a construção do modelo computacional.

A próxima fase, é a fase de implementação. Nesta fase o modelo conceitual é convertido em modelo computacional (CHWIF e MEDINA, 2010). Em seguida é necessário verificar e validar o modelo desenvolvido.

Finalmente, a fase de análise, em que os cenários são criados e testados. Seguido dos resultados, conclusões e recomendações.

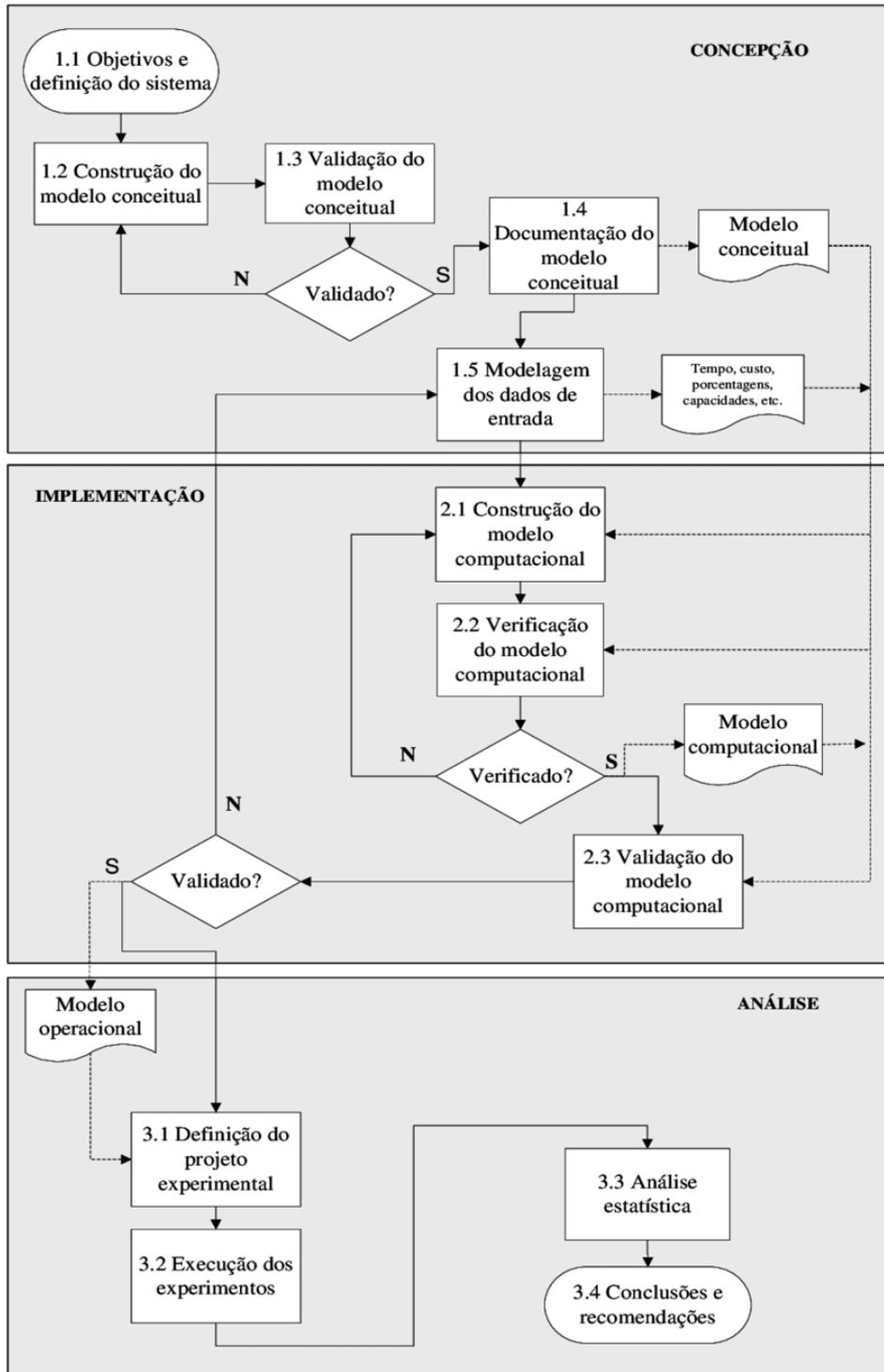


Figura 2.2 - Passos para projetos de simulação.
Fonte: Montevechi *et al.* (2010).

2.4 Realidade Virtual na Educação

Realidade Virtual é definido como um ambiente artificial que promove a sensação de imersão física nos usuários (SU *et al.*, 2019).

Os vários estímulos simultâneos e a possibilidade de interação com o conteúdo computacional diferenciam um ambiente de realidade virtual de outros ambientes multimídia, permitindo que usuário tenha a sensação de estar imerso neste ambiente (BAILENSEN *et al.*, 2008).

A sensação de imersão proporcionada depende do tipo de interatividade e do dispositivo utilizados (JENSEN e KORADSEN, 2018). Sistemas RV com uso de computador, display e interação com o conteúdo através do mouse, são sistemas menos imersivos (BONFIL *et al.*, 2020). Por outro lado, Sistemas RV que utilizam equipamentos como capacetes ou óculos de visualização ou técnicas de CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*), fornecem ao usuário uma experiência muito próxima do real. Fatores visuais, auditivos, posição de objetos e a movimentação no ambiente contribuem na percepção de imersão.

Uma sessão de Realidade Virtual é considerada passiva, quando não há interferência do usuário. O programa controla a rota e pontos de observação, sendo que o único controle proporcionado ao usuário é para encerrar a sessão. Quando o usuário tem o controle da rota e dos pontos de observação, mas não há interação do usuário com nenhum elemento do ambiente, é uma sessão de RV exploratória. Quando, além do controle do usuário quanto à rota e pontos de observação, algum dos elementos que compõem o ambiente virtual responde às ações do usuário, é uma sessão interativa (NETO *et al.*, 2002).

Nas últimas décadas, a utilização de ambientes virtuais na educação tem sido cada vez mais popular (LANZO *et al.*, 2019). A Realidade Virtual tem recebido muita atenção, sendo considerada uma das mais importantes inovações tecnológicas para aprender e ensinar (ALEXANDER *et al.*, 2019).

Ambientes virtuais possibilitam que os alunos adquiram habilidades (KARABULUT-ILGU *et al.*, 2018), além de melhorar a motivação e o processamento do aprendizado (GARZON *et al.*, 2019).

Segundo Psootka (2013), introduzir os alunos no mundo virtual pode criar novas maneiras de desenvolver o conhecimento e viabilizar que a educação siga o progresso da

tecnologia. Segundo o autor, o resultado de trabalhos com o uso de ambientes virtuais combinados proporciona um apoio educacional, contribuindo para melhorar a aquisição de aprendizado e a assimilação de conteúdos didáticos.

De acordo com Piteira e Haddad (2011), altas taxas de abandono e retenção do aluno são apresentadas em algumas matérias, provocada pela dificuldade dos alunos em entender conceitos teóricos por meio do método tradicional de ensino. Com a utilização da RV na área da educação, o aprendizado passou a dispor dessa tecnologia que apoia o ensino tradicional apresentando resultados positivos e efeitos benéficos para o aprendizado (LANZO *et al.*, 2019)

Sendo assim, alguns exemplos do uso de RV na educação são apresentados no Quadro 2.1.

Quadro 2.2 -Exemplos do uso da Realidade Virtual na educação.

Área	Descrição	Autores
Neurocirurgia	Ensino sobre preparação de instrumentação para salas de cirurgia.	Bracq <i>et al.</i> (2019).
Música	Ensino sobre diferentes gêneros musicais.	Innocenti <i>et al.</i> (2019).
Geografia	Ensino sobre o efeito gravitacional e as leis de Kepler.	Lindner <i>et al.</i> (2019).
Neonatal	Ressuscitação de recém-nascidos.	Willian <i>et al.</i> (2018).
Turismo	Ensino sobre o impacto de gases do efeito estufa relacionado à mudança climática.	Schott, 2017.
Arquitetura	Ensino sobre planejamento ambiental.	Portman <i>et al.</i> (2015).
Construção Civil	Ensino sobre a construção de pontes, sua evolução e sequências, e componentes.	Sampaio e Martins (2014).

2.5 Transferência de Aprendizado

Em muitas ocasiões nos deparamos com circunstâncias novas ou com situações conhecidas, mas que possuem elementos que se apresentam de forma diferente. Espera-se, o que foi aprendido seja lembrado e utilizado, tanto em contextos similares quanto em diferentes contextos.

Tradicionalmente, em um contexto pedagógico, transferência de aprendizagem significa transferir e usar algo que você aprendeu ou experimentou em uma situação para outra situação um pouco diferente da situação original (ERAUT, 2004; HASKELL, 2001).

A transferência de aprendizado é a utilização do aprendizado passado em circunstâncias semelhantes ou novas (HASKELL, 2001).

A transferência de aprendizado é a medida em que uma conduta será imitada em uma situação diferente (LEBERMAN *et al.*, 2006; DETTERMAN, 1996).

Apesar das diferentes interpretações dos autores, há um consenso de que a transferência de aprendizado pode ser definida como a influência do que foi aprendido anteriormente no desempenho de uma nova aprendizagem (MACAULAY e CREE, 2000).

Bransford e Schwartz (1999) afirmam que a transferência é especialmente importante para o sucesso educativo. Visto que, muito dos investimentos e tempo dispendidos na educação, foram justificados alegando que a instrução acadêmica promove o ganho de habilidades, que eram utilizadas em circunstâncias não acadêmica, tornando os graduados mais produtivos. Portanto, a aquisição e transferência é uma questão que interessa tanto aos gestores organizacionais quanto aos acadêmicos.

A transferência de aprendizado pode ser uma transferência próxima, quando o aprendizado é utilizado em um contexto semelhante ou transferência distante, quando o aprendizado é utilizado em um contexto novo (PATTERSON *et al.*, 2019). Na transferência próxima o processo de transferência de aprendizagem pode acontecer de forma direta. Na transferência distante, o processo acontece em etapas, nas quais os alunos entendem a situação e definem quais conhecimentos e habilidades são relevantes (ERAUT, 2004).

Haskell (2001) categorizou a transferência de aprendizado em seis níveis diferentes:

Nível 1 - Transferência não específica: como todo aprendizado depende de alguma conexão com o aprendizado passado, todo aprendizado nesse sentido é transferência de aprendizado;

Nível 2 - Transferência aplicada: refere-se à aplicação do que foi aprendido para uma situação específica. Por exemplo, depois de ter aprendido sobre um sistema de processamento de texto, é possível aplicar o aprendizado para operar um processador de

texto. Isso pode parecer um exemplo brando, porém esse nível de transferência é um problema no aprendizado de muitas tarefas;

Nível 3 - Transferência de contexto: este nível refere-se à aplicação do que se aprendeu em uma situação ligeiramente diferente;

Nível 4 - Transferência próxima: refere-se quando o conhecimento anterior é transferido para novas situações que são semelhantes, mas não idênticas às situações anteriores;

Nível 5 - Transferência distante: refere se à aplicação da aprendizagem a situações que são bastante diferentes da aprendizagem original;

Nível 6 - Transferência criativa: se refere à transferência da aprendizagem de uma forma que leva a mais do que o *insight* de “é assim”, ou seja, um novo conceito é criado.

A transferência de aprendizado pode ser positiva quando o desempenho em uma tarefa pode ajudar ou facilitar uma segunda tarefa. Quando o desempenho é dificultado ou inibido, ocorre a transferência negativa de aprendizado. E por fim, quando não são produzidos efeitos na realização de uma segunda tarefa, chama-se transferência zero ou neutra (SCHUNK, 2008).

Embora a transferência de aprendizado seja tipicamente avaliada pela medição das mudanças no conhecimento e na habilidade do participante, o exame do comportamento no local de trabalho após o aprendizado pode fornecer uma análise mais direta do sucesso alcançado (BEIDAS e KENDALL, 2010).

Enfim, as circunstâncias necessárias para que o aprendizado seja transferido, ou seja, utilizado em situações diferentes do ambiente acadêmico, de acordo com Pantoja, Lima e Borges-Andrade (2001), são melhoradas quando há possibilidade de aplicar os novos conhecimentos e habilidades adquiridas.

2.6 Revisão sistemática da literatura

Revisões sistemáticas são robustas para coletar e analisar trabalhos existentes, sendo uma ação comum na formação de conhecimento em qualquer pesquisa (GU e LAGO, 2009). As principais razões para realizar revisões sistemáticas são: resumir as evidências existentes sobre uma questão específica, identificar lacunas na pesquisa atual

para sugerir novas direções de pesquisa, e posicionar novas atividades de pesquisa em uma estrutura de pesquisa.

Uma revisão sistemática possibilita a avaliação e a interpretação de toda pesquisa disponível. É um meio de avaliar e interpretar toda a pesquisa acessível, que seja importante para um assunto específico de pesquisa ou tópico de interesse, usando uma metodologia transparente, coerente e expansível (KITCHENHAM, 2007).

O objetivo da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) realizada nesta tese é verificar como o Aprendizado Baseado em Simulação (ABS) vem sendo utilizado no ensino de engenharia. Uma pesquisa exploratória sobre o tema foi realizada nas bases de dados online *SCOPUS* e *Web of Science (WOS)*. *SCOPUS* e *Web of Science* são consideradas as duas maiores bases de dados de trabalhos acadêmicos (ALRABGHI e TIWARIA, 2015).

As palavras-chaves utilizadas foram “*Simulation Based Learning*” e “*Engineering*”. Além disso, foram selecionadas as publicações a serem incluídas nesse trabalho com base em um critério de seleção pré-definido, como: inclusão apenas de artigos escritos em inglês.

A necessidade desta pesquisa é baseada em uma revisão abrangente da literatura relacionada ao Aprendizado Baseado em Simulação (ABS) no ensino de engenharia. O objetivo desta revisão é analisar o estado da arte e perspectivas sobre aplicações do ABS com base na publicação de artigos para fornecer uma atualização da aplicação de ABS no ensino, incluindo:

- Uma cobertura da literatura sobre ABS;
- Uma análise da aplicação de ABS no mundo real;
- Uma identificação das perspectivas mais relevantes no ABS.

Questões de pesquisa (QP) foram formuladas a fim identificar o estado atual do uso de ABS no ensino e as lacunas na literatura.

QP1: Qual é o status atual da pesquisa em ABS?

QP2: Como o ABS é utilizado para melhorar os resultados de aprendizagem?

QP3: Como a educação na área de engenharia pode ser melhorada pela utilização de ABS?

QP4: Como o aprendizado através de simulação é conduzido?

QP5: Qual é o impacto do ABS nos resultados do aprendizado dos alunos?

Depois de desenvolver as questões de pesquisa e os objetivos da revisão, foi elaborado o protocolo de pesquisa para incluir as questões de pesquisa e os critérios para seleção de artigos. A Figura 2.3 mostra os passos seguidos neste estudo.

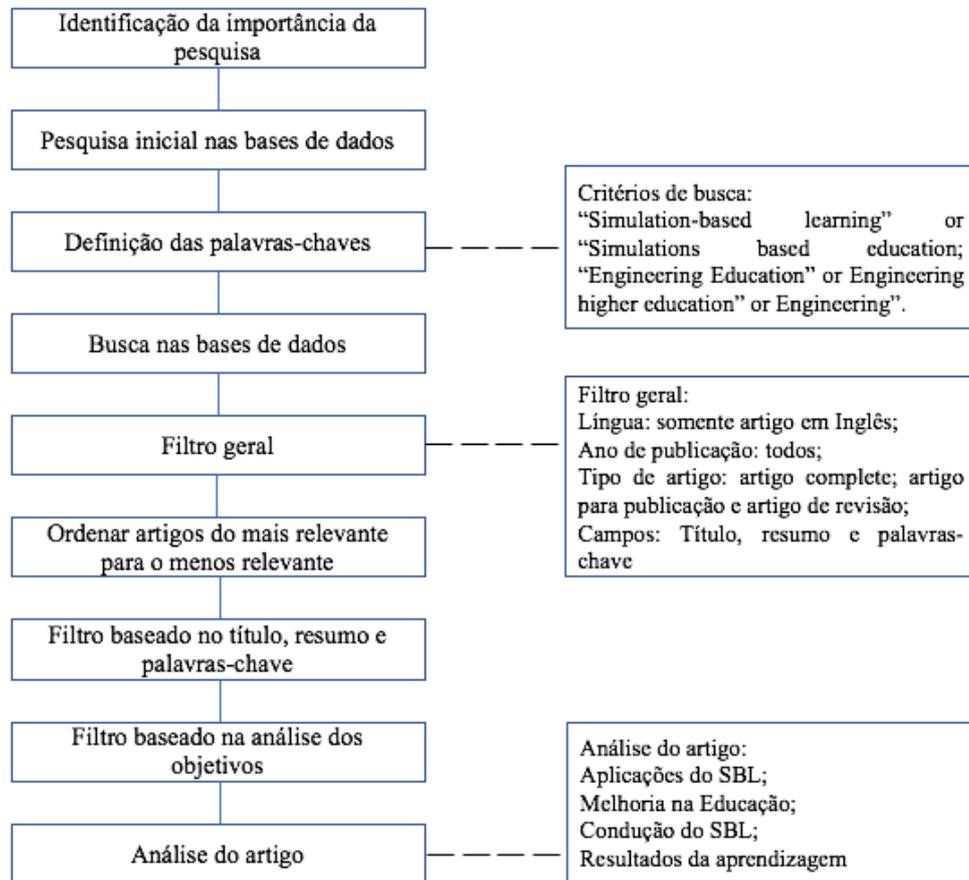


Figura 2.3 – Protocolo de pesquisa.

Uma busca inicial foi realizada nos bancos de dados *Scopus* para definir as palavras-chaves mais adequadas para abordar o objetivo da pesquisa. Essa primeira busca foi feita utilizando a palavra-chave “*Simulation Based Learning*”, o que retornou 707 artigos encontrados sem limitar os anos de busca. Posteriormente, foi realizada uma nova pesquisa com base nos critérios de pesquisa definidos. Foram aplicados os mecanismos de busca incluindo, como critério de busca, as palavras-chave “*Simulation-Based Learning or Simulation-Based Education or Engineering Education or Engineering Higher Education or Engineering*”. A busca retornou 154 artigos publicados. Desde total, 126 artigos publicados de 2010 até maio de 2020. Em seguida, limitou-se a pesquisa nos seguintes parâmetros: Título/palavras-chave; idioma inglês; artigos revisados por pares e artigos

completos baixados. Nesta etapa foram excluídos 30 artigos. Posteriormente, foram analisados os objetivos, métodos, resultados e discussões dos 124 artigos, a fim de selecionar artigos que se enquadrassem nas questões de pesquisa. Após a análise dos artigos, foram selecionados 27 artigos para compilação das informações relevantes.

2.6.1 Sumarização dos Resultados

Os resultados obtidos por meio da RSL realizada são apresentados, seguidos das discussões sobre as questões da pesquisa, relacionando o estado da arte e as perspectivas sobre ABS. Os resultados da pesquisa foram apresentados de acordo com uma análise do contexto, utilizando uma abordagem exploratória sobre as descobertas mais relevantes extraídas do ABS. Buscou-se relacionar as contribuições do ABS na educação de engenharia, destacando as perspectivas mais importantes.

2.6.1.1 Condição atual

A primeira questão do estudo apresenta os aspectos relacionados à condição atual de ABS no ensino de engenharia, como título da revista; país de afiliação do autor; método científico; e o tema central.

QP1: Qual é o status atual da pesquisa em ABS?

Foi observado, de acordo com a Figura 2.4, que há um aumento no número de publicações no campo de ABS, com um crescimento a partir de 2015. Estes números são da pesquisa realizada na base *SCOPUS*, de artigos envolvendo apenas a palavra-chave “*Simulation-Based Learning*”. Esta pesquisa retornou 707 artigos publicados desde 1990, nas mais diversas áreas de conhecimento. Desde total, 577 artigos publicados de 2010 até maio de 2020, sendo que 344 estavam relacionados a área de saúde.

Ao aplicar os mesmos mecanismos de busca anteriormente citados para as palavras-chaves “*Simulation-Based Learning and Engineering*”, foi possível notar que o uso de ABS no ensino de engenharia vem sendo pouco explorado, mas com um número crescente de publicações, totalizando 126 artigos publicados. Dos 126 artigos encontrados de 2010 até maio de 2020, foram selecionados 27 artigos por estarem dentro do escopo de pesquisa.

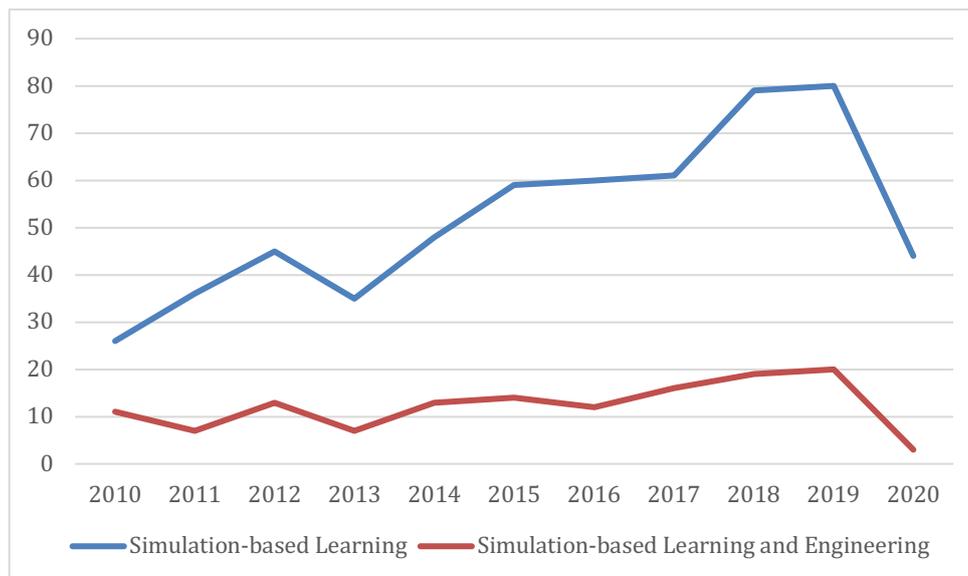


Figura 2.4 - Artigos publicados por ano.

Além disso, é possível visualizar na Tabela 2.1, as cinco principais revistas, áreas da engenharia, e método científico encontrados em artigos de ABS na engenharia. No item revista, foram contadas 18 revistas das quais 10 estão associadas a periódicos cujo escopo editorial abrange temas na área da educação, representando 55,55% das revistas registradas. Na mesma linha, 7 das 18 revistas (38,88%) citadas estão relacionadas à Ciência da Computação. Em suma, a publicação de artigos envolvendo ABS está profundamente associada a periódicos que se concentram na área de educação.

Com relação aos métodos científicos utilizados nos artigos foram classificados como: experimento, estudo de caso, *survey*, estudo piloto, e revisão. Sendo, que 11 dos 27 artigos, ou seja, 40,74%, utilizaram o método experimento, utilizando grupo experimental e de controle em 9 dos 11 artigos. Já o método estudo de caso, foi o segundo mais encontrado, com 5 artigos, ou seja, 18,51%. Sendo que 60% desses artigos são estudos de múltiplos casos e 40% de casos únicos.

Na amostra de artigos selecionados, os principais tópicos discutidos nos artigos foram: comparar a eficácia do ABS a outros tipos de aprendizado, apareceu em 23,07% dos temas. Em segundo lugar ficaram os tópicos sobre metodologias para a criação de ambientes simulados, e desenvolvimento de softwares ou códigos para o uso de ABS com 15,38% do total de ocorrências.

Tabela 2.3 -Condição atual.

Aspectos	Número de ocorrências	Porcentagem %
Revista		
<i>Computers & Education</i>	3	11,11
<i>Journal of Engineering Education</i>	3	11,11
<i>Procedia Social and Behavioral Sciences</i>	3	11,11
<i>Computers Applications in Engineering Education</i>	2	7,40
<i>IEEE Transaction on Education</i>	2	7,40
Método de pesquisa		
Experimento	11	40,74
Estudo de Caso	5	18,51
Survey	4	14,81
Estudo Piloto	3	11,11
Revisão	1	3,70
Área da Engenharia		
Engenharia da Computação	5	18,51
Engenharia de Produção	4	14,81
Engenharia Civil	3	11,11
Engenharia Mecânica	2	7,40
Engenharia Elétrica	2	7,40

Os temas sobre aprender com o histórico da simulação e avaliar o aprendizado quando a simulação apresenta metas e níveis de dificuldade, ambos com 11,53% do total de acontecimentos. Em síntese, esta seção demonstrou o estado atual da pesquisa sobre ABS na engenharia.

Na seção seguinte, os principais resultados são apresentados e discutidos, incluindo as perspectivas sobre o assunto estudado.

2.6.1.2 Perspectivas sobre ABS na engenharia

Esta pesquisa relaciona-se especificamente ao conteúdo desenvolvido no campo do ABS no ensino da engenharia. Quatro questões de pesquisa foram elaboradas para atender o objetivo da RSL.

Respondendo a QP2: Como o ABS é utilizado para melhorar os resultados de aprendizagem?

Nesta questão, buscou-se verificar a principal utilização de ABS no ensino. Assim,

foi analisado de que modo o ABS foi empregado no ensino de engenharia. Para responder plenamente esta questão, foram analisados a metodologia e condução de cada artigo selecionado.

Al-Moameri *et al.* (2018) desenvolveram um livro sobre Engenharia Química em torno do uso de simulação de reações de formação de polímeros. O uso de simulação possibilitou a transformação de parâmetros e equações fundamentais em uma saída visível significativa, agindo como suporte para melhorar a educação tradicional em sala de aula.

Deste mesmo modo, Allwood *et al.* (2001) utilizaram a simulação para uso no aprendizado do método de Taguchi, como ferramenta de suporte ao material utilizado em sala de aula. Semelhantemente, Zavalani (2014) utilizou simulação como material suporte no ensino de engenharia elétrica, assim como Tuparov *et al.* (2014) e Tuparov *et al.* (2012) utilizaram simulação no ensino de introdução à programação.

Beckmann *et al.* (2015), Davidovitch *et al.* (2006), Davidovitch *et al.* (2008) e Parush *et al.* (2002) simularam o processo de gerenciamento de projetos a fim de desenvolver especialistas em gestão. Nestes estudos a simulação foi o método de ensino principal, em que a tarefa de aprendizagem acontece explorando o processo simulado e testando suas hipóteses, aprendendo com o histórico de suas decisões.

Chung *et al.* (2001) utilizaram a simulação no curso de Engenharia Ambiental para ensinar os princípios da hidrogeologia. Os alunos iniciaram o curso de forma tradicional e na metade do curso foi introduzido a simulação para vincular a teoria com a prática.

Corter *et al.* (2011) utilizaram simulação para o ensino de conceitos mecânicos básicos, substituindo os tradicionais laboratórios práticos para promover a compreensão dos conceitos do curso.

Do mesmo modo, Dorneich and Jones (2001), Fang *et al.* (2010) utilizaram a simulação para o ensino com o objetivo de associar conhecimento teórico com experiência operacional prática. Na mesma linha, Tvenge and Ogorodnyk (2018) utilizaram simulação para o ensino como laboratório para aumentar habilidades práticas e conhecimento teórico.

Gorghiu *et al.* (2011) descreveram o uso de simulação como parte da aula tradicional, assim como instrumento principal para o ensino de diversos temas sobre ciências.

Granlund *et al.* (2000) descrevem o uso de simulação como instrumento principal,

em que a tarefa de aprendizagem acontece explorando o processo até que tenham uma noção do modelo no sistema. Semelhantemente, Van der Meij e Jong (2011) utilizaram simulação no ensino de física, em que os alunos poderiam utilizar o ambiente de aprendizagem por um tempo determinado para explorar o modelo e aprender os conceitos da física.

López *et al.* (2011) propõem a utilização de simulação em uma disciplina de robótica, apresentando um exercício simulado aos alunos com objetivo específico. Na mesma linha, Angelini e Garcia-Carbonell (2019) utilizaram simulação em uma disciplina de comunicação, em que o propósito é resolver um problema específico. Semelhantemente, Luo *et al.* (2018) utilizaram simulação no ensino dos processos de evolução de relevo, oferecendo um exercício simulado aos alunos.

Koh *et al.* (2010) utilizaram simulação no ensino de tecnologia de usinagem para proporcionar uma experiência pré-*workshop*, proporcionando aos alunos uma visão sobre o que eles encontrariam no workshop, para melhorar suas habilidades.

Ke e Xu (2020) utilizaram simulação na aprendizagem de ensino para assistentes de ensino universitário, preparando e formando os graduados em professores assistentes, por meio de um *workshop*.

Em 25,92% dos artigos, a simulação foi utilizada como método principal de ensino. Em 22,23% dos artigos, a simulação foi usada para dar suporte ao ensino tradicional, dos quais 33,33% desses artigos utilizaram simulação para vincular teoria à prática. Já 18,51% dos artigos descreveram a utilização de laboratórios simulados no ensino. Os 11,53% restantes, utilizaram simulação para resolver um problema específico. Em suma, dos artigos revisados, pode-se notar que o ABS foi utilizado tanto como método principal de ensino, assim como suporte ao tradicional método de ensino em sala de aula.

Respondendo a QP3: Como a educação na área de engenharia pode ser melhorada pela utilização de ABS?

A revisão de literatura conduzida para este estudo mostrou que a educação de engenharia pode ser melhorada com o ABS, visto que na maioria dos artigos estudados, foram encontrados indícios de que a utilização de simulação fornece uma melhor capacidade de alcançar resultados de aprendizado de nível mais alto. De acordo com Al-Moameri *et al.* (2018) e Yang *et al.* (2016), o ensino com simulação é capaz de alcançar o

que não é praticamente atingível nas aulas tradicionais com livros didáticos. O ABS tornou possível entender melhor o essencial do material apresentado (DAVIDOVITCH *et al.*, 2006; GRANLUND *et al.*, 2000; GORGHIU *et al.*, 2011).

Outra questão discutida como um problema tradicional no ensino é que normalmente a duração do curso e o volume de material são incompatíveis com o tempo disponível para construir uma ponte entre a teoria e a prática, portanto o ABS possibilita esse *link*, em um ambiente seguro e que permite a exploração de conceitos teóricos relevantes (CHUNG *et al.*, 2001; DORNEICH e JONES, 2001; FANG *et al.*, 2011; ANGELINI e GARCIA-CARBONELL, 2019; ZAVALANI, 2015; TUPAROV *et al.*, 2014).

Segundo López *et al.* (2011) e Corter *et al.* (2011), o uso de ABS em laboratórios educacionais melhora a compreensão conceitual da disciplina ensinada, além de liberar espaços nas universidades e tempo de configuração e desmontagem do laboratório, além de incentivar a interação dos participantes (KE e XU, 2020).

Outros autores relatam que facilita a construção de numerosos modelos alternativos assim como a checagem das hipóteses subjacentes, oferecendo oportunidade para os estudantes de praticarem raciocínio mais sólido e tomar decisões mais seguras (DEVELAKI, 2017; GOEDERT *et al.*, 2011; PARUSH *et al.*, 2002; QUESADA *et al.*, 2016; LUO *et al.*, 2018).

Foram verificados e analisados os principais benefícios relatados na utilização de ABS no ensino de engenharia. Nos casos relatados, um dos aspectos mais importantes é o uso de ABS como um método de ensino que melhora o raciocínio e a escolha de decisão dos alunos diante de situações que serão encontradas pelos engenheiros na vida real, além de facilitar o entendimento dos conceitos ensinados em sala de aula.

Respondendo a QP4: Como o aprendizado através de simulação é conduzido?

Nesta questão foram consideradas as intervenções utilizadas na pesquisa sobre simulações educacionais no aprendizado de engenharia. Deste modo, foram analisadas as diretrizes de cada pesquisa para fornecer uma orientação eficaz aos alunos enquanto trabalham com simulações. A maioria das intervenções revisadas até este ponto mostrou o uso da simulação computacional com a utilização de diferentes tipos de softwares.

No estudo de Al-Moameri *et al.* (2018), a simulação foi utilizada depois da aula

tradicional com livros, para criar exercícios em que instrutores pudessem fornecer perguntas em plataformas de aprendizado online e os alunos pudessem utilizar o *Matlab* para adicionar ou modificar linhas na simulação para obter as repostas.

Beckmann *et al.* (2015) relatam que os alunos foram apresentados ao software de simulação *Employee Management Simulation* (EMS) por meio de um tutorial *online*. Em seguida, os participantes foram instruídos a completar duas execuções de simulações. Os alunos receberam a mesma instrução mínima em sala de aula e, aleatoriamente, designados para trabalhar individualmente ou em duplas com o objetivo de explorar as oportunidades da simulação. Em média, os participantes demoraram cerca de 90 minutos para concluir todas as tarefas relacionadas à simulação.

Outro autor descreve que a simulação foi desenvolvida usando a linguagem *MatLab* e usada em um tutorial de aula de 90 minutos, em que os alunos deveriam concluir o tutorial naquele momento. Em seguida, os alunos agiram na concepção dos experimentos e interpretação dos dados, trabalhando através de um problema estruturado. Inicialmente, os alunos resolveram o problema por intuição ou tentativa e erro, em seguida usaram o método Taguchi para estruturar os experimentos. Os alunos receberam instruções prévias e não foi assumido nenhum conhecimento prévio no programa *MatLab* (ALLWOOD *et al.*, 2001).

Segundo Davidovith *et al.* (2006), foi dado aos alunos uma introdução sobre o software Project Management Trainer antes da primeira sessão. Os alunos foram divididos em cinco grupos aleatoriamente e receberam o mesmo cenário de gerenciamento de projetos. O experimento foi baseado em duas fases, sendo a primeira de aprendizagem básica e a segunda de transferência de aprendizado onde os alunos receberam um novo cenário de gerenciamento de vários projetos.

Chung *et al.* (2001) descrevem que a simulação foi desenvolvida no *Interactive Site Investigation Software* (ISIS), em Java. Os alunos passaram por um pré-teste para mapear o conhecimento sobre o tema. O curso foi ministrado de forma que todos os alunos assistissem às aulas e recebessem as mesmas informações sobre os princípios e conceitos da disciplina, além de conduzir a investigação do local em ambiente virtual. Em seguida, foi feita uma atividade de pós-teste.

Já no estudo de Corter *et al.* (2011), os alunos participaram de três tipos de laboratórios disponíveis: tradicional, remoto ou simulado. Antes do início da aula de

laboratório todos os instrutores deram instruções específicas para as suas seções em uma palestra de 30 minutos, explicando o propósito educacional do laboratório e um resumo dos métodos de coleta de dados.

Em outro estudo foi utilizado *Project Management Trainer software*. Uma introdução sobre o software foi dada aos alunos antes da primeira sessão, com instruções orais e escritas sobre como utilizar a simulação. A participação foi voluntária e os alunos participantes receberam um bônus baseado nos resultados das simulações (DAVIDOVITCH *et al.*, 2008).

De acordo com Fang *et al.* (2011), a teoria foi ensinada em aula por duas horas e em seguida foi ministrada uma sessão de prática de mais duas horas. O ABS foi usado na primeira semana de aula e por todos os alunos durante 90 minutos.

No estudo de Angelini e Garcia-Carbonell (2019), a simulação deste estudo consistiu em *briefing*, ação e *debriefing*. Na primeira fase, os alunos foram apresentados aos tópicos relacionados ao cenário de simulação. Os instrutores forneceram esclarecimentos e explicações do tema da aula. Na segunda fase aconteceu a simulação em que o objetivo era propor estratégias de ação e por fim tomar decisões. Os alunos do grupo experimental receberam instruções de aprendizado invertidas enquanto os alunos do grupo de controle receberam instruções de modo tradicional baseado em um livro. Os critérios de avaliação para os testes pré e pós tratamento foram avaliados em uma escala *Likert*.

Parush *et al.* (2002) relatam o uso do simulador *Operations Trainer*, que foi utilizado para simular quatro áreas funcionais: marketing, finanças, compras e produção. Os alunos participantes não tinham experiência previa com o simulador utilizado. Portanto, foi dada uma introdução sobre o software sobre como usar a simulação.

Segundo Koh *et al.* (2010), as simulações foram desenvolvidas de modo que mostrassem o funcionamento de máquinas, tornos e furadeiras. Os alunos foram separados aleatoriamente em grupo experimental e controle, embora tenham recebido o mesmo conteúdo na disciplina. O grupo controle recebeu explicações sobre as funções das máquinas durante as palestras semanais de duas horas. Enquanto no grupo experimental as palestras tiveram duração de uma hora e meia para permitir uma sessão de ABS de meia hora no laboratório de informática.

Já no trabalho de Van der Meij e Jong (2011) os participantes trabalharam com um

ambiente ABS construído com o *SimQuest*. Os experimentos realizados consistiam em duas etapas. Na primeira etapa os alunos receberam uma introdução, realizaram um pré-teste e trabalharam com o ambiente de aprendizado durante 40 minutos. Na segunda etapa as participantes trabalharam com o ambiente de aprendizado durante 45 minutos e realizaram um pós-teste.

No estudo de Luo *et al.* (2018), os alunos foram instruídos a acessar o material sobre o tema e realizar um pré-teste. Em seguida foram distribuídos aleatoriamente para participar de uma sessão de laboratório de uma hora e 50 minutos com materiais de aprendizagem tradicionais baseados em papel ou baseados em *WILSIM-GC*, um software interativo. Em seguida realizaram um pós-teste. No estudo de Ke e Xu (2020), também foi aplicado um pré-teste. A simulação deste estudo consistiu em explicação do simulador, navegação pelo cenário com a ajuda de um facilitador e por fim o *debriefing*.

Zavalani (2014) investiga o desenvolvimento de um projeto por meio da metodologia convencional e com o uso de simulação como ferramenta adicional.

Yang *et al.* (2016) declaram que os participantes deste estudo utilizaram *People express microworld simulation* durante 25 minutos, trabalhando em um conjunto de exercícios introdutórios para se familiarizar com a simulação. Em seguida os participantes receberam instruções e objetivos e tiveram 60 minutos para gerenciar a empresa simulada.

Sem dúvida, diante dos artigos analisados, um dos pontos a serem revisados pelos profissionais e pesquisadores de ABS é a falta de métodos que possam facilitar e agilizar o processo da utilização do ABS no ensino de engenharia. Sobre como foram conduzidas as disciplinas que utilizaram simulação no ensino, não houve uma abordagem mais específica e previamente estabelecidas para projetar, implementar e conduzir disciplinas com ABS, como, por exemplo, Angelini e Garcia-Carbonell (2019) citam as etapas que foram utilizadas em seu estudo.

Alguns trabalhos citam a importância de uma introdução sobre o software utilizado antes do início das atividades, visto que foram encontrados mais de 19 softwares de simulação nos artigos analisados. Em suma, foi observada a falta de métodos projetados para condução de ABS em disciplinas de engenharia (DAVIDOVITCH *et al.*, 2006; DAVIDOVITCH *et al.*, 2008; YANG *et al.*, 20016).

Respondendo a QP5: Qual é o impacto do uso de ABS nos resultados do

aprendizado dos alunos?

O uso de simulação como uma plataforma de aprendizado fornece a capacidade de alcançar resultados de aprendizado de nível mais alto com utilização de resolução de problemas, tornando o assunto mais interessante e de mais fácil compreensão em comparação com aprendizagem tradicional (Al-Moameri *et al.*, 2018; Develaki, 2017; López *et al.*, 2014).

Outros resultados mostram que os alunos obtiveram um desempenho na aprendizagem superior enquanto trabalharam através de uma simulação (Beckmann *et al.*, 2015).

De acordo com Allwood *et al.* (2001), o uso de simulação ajudou no entendimento do assunto estudado, aprimorando o que aprenderam em sala de aula, resultando em um aluno motivado. Segundo Chung *et al.* (2001), em termos de aprendizado, a utilização de ABS proporcionou um profundo conhecimento de conteúdo entre o pré-teste e pós-teste. Corter *et al.* (2011) afirmaram que a simulação é eficiente para ensinar compreensão conceitual, além de afetar a satisfação dos alunos.

O benefício apresentado por Fang *et al.* (2011) é que o ABS estimulou o aprendizado, promoveu o aprendizado autônomo e de domínio. Além de melhorar a experiência visual dos participantes, ajudando-os a lembrar o processo.

Além desses ganhos, o uso de simulação facilita o processo de compreensão dos conceitos dados pelo professor em sala de aula, aumentando a qualidade do processo de aprendizagem por ser classificada pelos alunos como motivadora e desafiadora (GORGHU *et al.*, 2011; GRANLUND *et al.*, 2000). O ABS melhora os níveis motivacionais dos alunos, assim como melhor compreensão e aplicação da aprendizagem (KOH *et al.*, 2010; YANG *et al.*, 2016). O uso de simulação aumentou o interesse dos alunos pelo curso, estimulando os alunos a participarem ativamente do processo educacional (TUPAROV *et al.*, 2012).

Em resumo dos dados analisados, pode-se estabelecer como principais vantagens: a melhora na motivação dos alunos, o aumento no desempenho e melhoria na aprendizagem apresentando um aprimoramento dos conceitos ensinados. Isso se dá, pois os modelos de simulação permitem testar, errar e corrigir, tudo em um ambiente seguro.

Observa-se que os benefícios práticos obtidos com ABS podem trazer vantagens

competitivas, aumentando o desempenho e conhecimento dos futuros engenheiros.

2.6.1.3 Discussão

Esta revisão foi iniciada com cinco perguntas principais. A primeira diz respeito a condição atual de ABS no ensino de engenharia. A segunda diz como o ABS foi empregado no ensino. A terceira questão relata como a educação de engenharia pode ser melhorada com o uso de ABS. Seguida da quarta questão sobre a condução do método para o ensino de engenharia. Seguido dos resultados apresentados pelos alunos.

Os artigos revisados fornecem informações sobre as principais tendências e resultados encontrados no ensino de engenharia. Com relação ao uso de simulações para substituição dos meios tradicionais de ensino e ao uso de simulação como suporte, os resultados são favoráveis no uso de ABS, visto que as simulações somam ao repertório de ferramentas dos professores tornando as aulas mais dinâmicas.

Já a substituição de laboratórios práticos por laboratórios simulados mostra uma eficiência na aprendizagem. Outra maneira eficaz é utilizar simulação como atividade pré-laboratório. Foram relatados efeitos positivos quando os alunos compreendem a tarefa antes de executá-la, utilizando a atividade simulada como treinamento. Alguns artigos compararam tipos distintos de laboratórios que mostraram pouca diferença geral no resultado da aprendizagem. Porém, os laboratórios simulados são classificados como convenientes e eficazes, visto que perdem menos tempo na configuração e desmontagem, resultando em maior tempo na aprendizagem propriamente dita.

A terceira pergunta refere-se a como a simulação aprimora o ensino de engenharia. Nos estudos analisados, quatro pontos foram levantados: a forma como o ensino é oferecido e o alcance avançado dos alunos, a conexão entre a teoria e a prática, o ganho na compreensão dos conceitos, além da construção de modelos para a checagem de hipóteses.

Com relação ao nível de ensino, os artigos revisados consideraram a representação dos dados de saída da simulação e a rapidez na resolução e visualização de problemas. Com relação ao link entre teoria e prática, o ABS ajudou a recordar a memória dos alunos sobre os conceitos estudados, influenciando na eficácia e motivação da aprendizagem. Embora os resultados dos estudos tenham se mostrado positivos, os artigos revisados propõem estudar mais a fundo os estilos de aprendizagem de cada pessoa.

Quanto ao ganho na compreensão dos conceitos, os artigos relatam que os alunos precisam de interações individuais para que possam explorar, situar e melhor lembrar os conceitos que foram aprendidos por meio de palestras ou demonstrações.

Quanto a construção de modelos para a checagem de hipóteses, os pesquisadores relatam que envolver os alunos em situações de raciocínio e avaliação traz uma base mais sólida para o julgamento e a decisão, adquirindo uma postura mais crítica.

A maioria dos artigos revisados já comprovou a eficácia do uso de simulação e estuda diferentes abordagens para o uso de ABS, como aprendizado individual ou aprendizado compartilhado, demonstrando que aprendizagem em duplas tende a resultar em tempos de decisão mais longos e melhor desempenho da tarefa (BECKMANN *et al.*, 2015).

Além de utilizar simulação no ensino com a finalidade de analisar o processo de esquecimento da aprendizagem. O resultado encontrado é a redução do esquecimento, e melhora do desempenho durante a aprendizagem (DAVIDOVITCH *et al.*, 2008; PARUSH *et al.*, 2002).

Yang *et al.* (2016) relatam o resultado de estudos que examinam os efeitos de dois tipos de metas e níveis de dificuldade de objetivos nos resultados de desempenho. Neste estudo os resultados mostram que metas desafiadoras de aprendizado ajudam os participantes a obterem um desempenho mais avançado, porém é necessário mais pesquisas para identificar como os tipos de projetos instrucionais melhoram os resultados de aprendizagem.

Outros artigos estão relacionados a um processo estruturado para a criação de ambientes simulados de ensino (ALLWOOD *et al.*, 2001; DORNEICH *et al.*, 2001; GRANLUND *et al.*, 2000; QUESADA *et al.*, 2016; TUPAROV *et al.*, 2014, GOEDERT *et al.*, 2011), sendo que dois deles utilizaram simulação com realidade virtual (GOEDERT *et al.*, 2011; DORNEICH *et al.*, 2001).

Também foi utilizado ABS com realidade virtual no artigo de Gorghiu *et al.* (2011) com o intuito de garantir um processo de aprendizagem lógica no ensino de ciências.

Os estudos relatam que para utilizar o ABS e garantir sucesso é necessário que o aluno tenha um conhecimento prévio, e que haja uma facilitação direcionada no ambiente de aprendizagem. Porém alguns artigos relatam a desvantagem no tempo necessário para

o uso do ABS, pois pode envolver os alunos por longos períodos.

Embora todos os artigos tenham apresentado resultados positivos no aprendizado, ganho de conhecimento e motivação dos alunos, alguns destes estudos mostraram a necessidade de apoio instrucional durante as simulações, assim como uma instrução baseada em simulação ou apoiada em simulação bem delineada. Ou seja, a forma como o aluno é abordado e envolvido, a forma como a informação da simulação é apresentada e integrada é relevante para garantir melhores efeitos na aprendizagem.

2.6.2 Conclusão e futuras direções

De acordo com os artigos analisados, o Aprendizado Baseado em Simulação ou ABS, mostrou ser um método relevante para exploração da literatura em pesquisa científica. Nota-se um aumento no número de artigos publicados utilizando ABS no ensino de diversas áreas desde 1992, com um crescimento considerável a partir de 2015, porém quando se analisa somente o campo da engenharia notamos que ABS vem sendo pouco utilizado.

A avaliação detalhada da revisão sistemática da literatura permitiu uma análise mais robusta sobre o tema. Os artigos revisados são diversos em termos de objetivos de pesquisa, software utilizado, e metodologias utilizadas.

Parece haver falta de definições compartilhadas para a aplicação de ABS no aprendizado, o que resulta em uma dificuldade de replicação dos trabalhos. Alguns artigos fornecem um guia básico para os pesquisadores conduzirem melhor suas pesquisas, reduzindo distorções nos resultados da pesquisa. Porém nenhuma pesquisa mostrada neste estudo explica ou executa com rigor um método de condução para utilização de ABS no ensino de engenharia (GRANLUND *et al.*, 2000; ANGELINI e GARCIA-CARBONELL, 2019; TVENGE e OGORODNYK, 2018).

Comparações do uso de simulação no ensino com opções educacionais convencionais mostram que estudantes que utilizaram a simulação como ferramenta adicional obtiveram notas significativamente mais altas do que aqueles que não utilizaram (ANGELINI e GARCIA-CARBONELL, 2019; VAN DER MEIJ e JONG, 2011; ZAVALANI, 2014).

As aplicações de ABS foram encontradas principalmente em disciplinas de

Gerenciamento de Projetos, relacionadas a Engenharia de Produção, Física, relacionados a Engenharia Mecânica e Introdução à programação relacionado a Engenharia da Computação.

A utilização de ABS no ensino de engenharia pode satisfazer vários objetivos, como simular e ensinar sobre gestão de pessoas, controle de processos, conceitos *Lean Manufacturing*, ergonomia, gestão de manutenção, resistência de materiais, análise de sensibilidade (*what-if*), etc.

A simulação surgiu como uma ferramenta poderosa para gerar resultados significativos no ensino para assuntos altamente complexos em engenharia. Em alguns casos, a simulação pode ser aplicada em disciplinas que requerem um maior entendimento das atividades práticas como a realização de experimentos e visitas técnicas.

Esta seção apresentou uma extensa cobertura da literatura sobre o uso de ABS no ensino de engenharia. Considerando os resultados alcançados nesta RSL, conclui-se que o ABS tem sido aplicado no ensino de forma a garantir resultados positivos no aprendizado dos alunos, visando propor novas abordagens para o uso de simulação a fim de introduzir elementos que torne o ensino mais eficaz.

Nesta pesquisa, os autores dos artigos revisados sugerem, portanto, as seguintes direções de pesquisas futuras: replicar as descobertas usando outras simulações e amostras mais diversificadas; implementar um sistema de suporte com um feedback mais direcionado com perguntas e orientações aos alunos; relacionar as orientações dadas aos resultados alcançados na aprendizagem; criar uma base de modelos disponíveis para educação e treinamento.

Além disso, outras direções para trabalhos são levantadas, como; estudar as relações entre os estilos de aprendizado e a atitude dos alunos em relação ao uso de simulação; investigar os níveis de dificuldade do limiar em que os benefícios dos objetivos de aprendizagem se tornam negativos.

Foram encontrados desafios a serem superados, incluindo a falta de métodos para a utilização do ABS, a complexidade do desenvolvimento de ambientes simulados adequados e a escolha dos softwares de simulação utilizados. Portanto, alguns outros aspectos podem ser investigados em pesquisas futuras como alinhar o tipo de simulação e técnicas disponíveis aos objetivos da disciplina, tentando extrair os melhores resultados

possíveis.

2.7 Considerações finais do capítulo

O Capítulo 2 apresentou os principais conceitos sobre as áreas de pesquisa desta tese. Tem-se como sustentação o Aprendizado Baseado em Simulação, a Simulação a Eventos Discretos, a Realidade Virtual, e a Transferência de Aprendizado. Dessa forma, foi construído conhecimento suficiente das áreas estudadas com a finalidade de utilizá-las para apresentar a proposta desejada para esta tese.

3. Classificação e etapas da Pesquisa

3.1 Considerações iniciais

O presente capítulo apresenta a classificação desta tese, quanto à natureza, quanto aos objetivos, quanto a abordagem e quanto ao método. Seguido do método de pesquisa e sua estrutura.

3.2 Classificação da pesquisa

A pesquisa quanto à natureza está classificada como aplicada, pois possui a finalidade de que seus resultados sejam usados na resolução de questões reais (APPOLINÁRIO, 2006; JUNG, 2004), ou seja, está relacionada a elaboração de processos ou produtos voltados para as utilidades práticas.

Quanto aos objetivos, esta tese caracteriza-se como pesquisa explicativa, pois visa relacionar hipóteses (JUNG, 2004). A pesquisa explicativa determina o uso do método experimento quando realizada em ciências naturais, e determina o uso do método de observação quando realizada em ciências sociais.

Quanto à abordagem, esta pesquisa é classificada em quantitativa pois traduz em números as informações coletadas, usando técnicas estatísticas (MIGUEL *et al.*, 2010).

Quanto aos métodos, a pesquisa pode ser realizada por meio de experimentos, *surveys*, modelagem e simulação, estudos de caso, pesquisa-ação e *soft system methodology* (BERTRAND e FRANSOO, 2002). Esta tese classifica-se em Pesquisa Experimental, pois esta é utilizada quando se pretende uma detalhada, sistemática e imparcial manipulação de variáveis e coleta de dados sobre o fenômeno de interesse.

O intuito de utilizar uma pesquisa experimental é elaborar e formular novos elementos; colocar componentes e sistemas sob teste; simular eventos; inferir e introduzir variáveis para verificar os efeitos resultantes; efetuar uma modelagem física e ou virtual para simular os funcionamentos de sistemas ou processo para constatar e registrar os fenômenos.

A classificação desta tese está traduzida pela Figura 3.1.

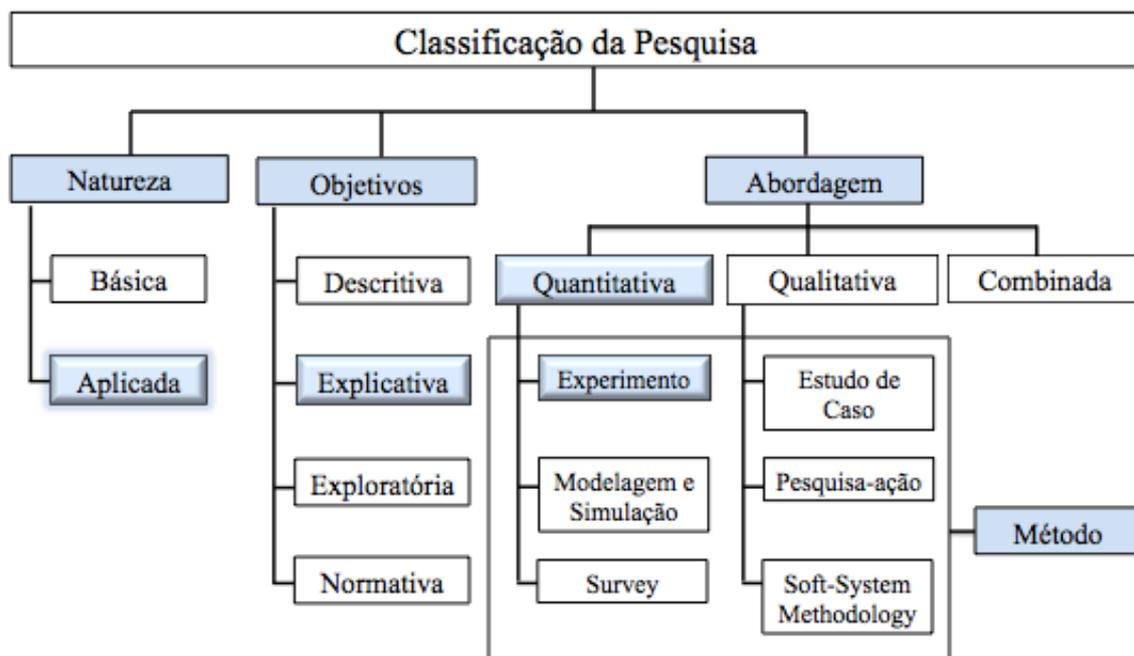


Figura 3.1 - Classificação da Pesquisa.
 Fonte: Adaptado de Miguel *et al.* (2010).

3.3 Pesquisa Experimental

O método de pesquisa desta tese é a pesquisa experimental, visto que a pesquisa experimental é um método no qual o pesquisador age em uma causa potencial e observa os supostos efeitos (Hair *et al.*, 2005). Além do fato de que por meio da RSL, foi identificado que pesquisas com o intuito de analisar a eficácia de ABS optaram por esse método de pesquisa, reforçando a escolha do método.

O experimento fundamenta-se em definir um objeto de estudo, escolher variáveis que podem influenciar a pesquisa, definir as formas de controle e observar os efeitos (COZBY, 2009; COOPER e SCHINDLER, 2003).

A pesquisa experimental adquiriu uma relevância na pesquisa institucional ao possibilitar que seja feita declarações contundentes de causalidade, além de facilitar para o pesquisador determinar relações de causa e efeito nos delineamentos experimentais (BRYMAN, 1989). A inferência causal está relacionada com o fato de que uma mudança em uma variável produz uma mudança em outra variável.

O método experimental permite que variáveis independentes sejam manipuladas e seu impacto nas variáveis dependentes seja verificado, com o propósito de testar empiricamente hipóteses de causalidade (JUNG, 2004).

Assim, o princípio fundamental do trabalho experimental é a manipulação de uma variável de tratamento, ou variável independente, que deve ser seguida da observação da variável de resposta, ou variável dependente, a partir da expectativa de que uma mudança em X ocasiona uma alteração em Y (Kidder, 2004).

O método tem por etapa inicial a formulação da questão, tendo como etapa final a apresentação dos resultados (JUNG, 2004), como pode ser observado na figura 3.2.

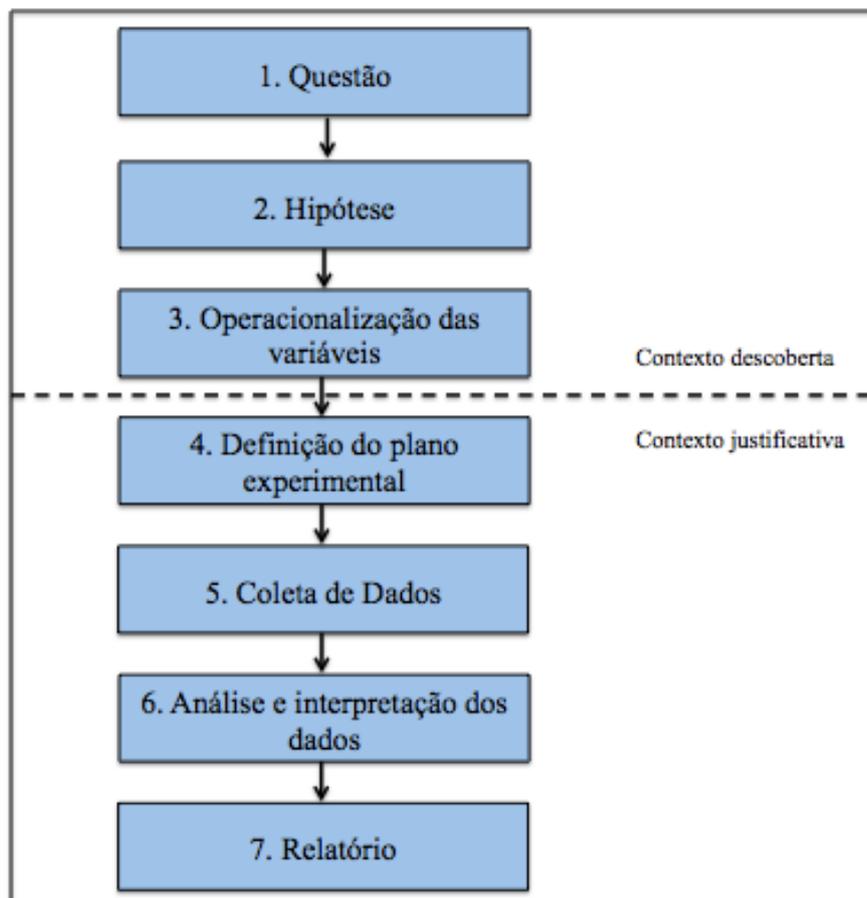


Figura 3.2 - Representação do estudo experimental.
Fonte: Jung (2004).

Os experimentos possuem como característica o cuidadoso controle das condições do tratamento e das exposições de pistas de informações, para que o foco de análise da pesquisa passe a ser sobre a consequência do tratamento na variável de interesse. O

pesquisador, em um experimento, deve se preocupar com as ameaças à validade e interna e à validade externa (JUNG, 2004).

A validade interna do experimento está relacionada ao controle do pesquisador sobre o experimento, quanto maior o controle, maior a validade interna (Kidder, 2004). As ameaças à validade interna compreendem os procedimentos, tratamentos ou situações experimentais que ameaçam a possibilidade de extrair inferências corretas dos dados, enquanto as ameaças à validade externa surgem quando os pesquisadores extrapolam as inferências para outras pessoas, locais e situações, diferentes daquele abordados no experimento (CRESWELL, 2007).

Em uma pesquisa experimental é analisado o resultado causado sobre a variável dependente quando as variáveis independentes são manipuladas. Um dos requisitos para se deduzir causalidade é a elaboração de hipóteses que serão verificadas após a coleta de dados, sendo existência da hipótese teórica fundamental (HERNANDEZ *et al.*, 2014).

Portanto, o elemento fundamental do experimento é a manipulação das variáveis independentes. A condição para inferir causalidade é controlar a variável independente, reiterando a necessidade da existência de pelo menos uma variável independente manipulada (TABACHNICK e FIDELL, 2006).

Após o planejamento do experimento, acontece a definição e preparação dos instrumentos e inicia-se a coleta de dados. A coleta de dados pode ser feita em laboratório ou em campo, atribuindo os casos de forma aleatória. A aleatoriedade da população participante no experimento possui os seguintes propósitos (TABATCHNIK e FIDELL, 2006), evitar que os participantes melhores, mais bem preparados participem do grupo experimental, ou seja, grupo que será testado como mais eficaz; e afastar as possíveis características desiguais de cada participante. Assim, as desigualdades, como idade, habilidade, motivação, sejam separadas de forma equivalente (TABATCHNIK e FIDELL, 2006).

Com os dados coletados, a última etapa da pesquisa experimental é testar a hipótese, possibilitando auferir conclusões sobre a população participante no experimento (JUNG, 2004).

A pesquisa experimental pode ser caracterizada quanto ao tipo, considerada experimental, quase-experimental ou pré-experimental (Hair *et al.*, 2005).

Os estudos classificados em experimentais possuem atribuição aleatória dos participantes aos grupos. Isso diminui a probabilidade de haver explicações alternativas para as conclusões feitas, o que não acontece em pesquisas pré-experimentais ou quase-experimentais. As pesquisas quase-experimentais são utilizadas quando não há controle sobre a atribuição aleatória de participantes, ou quando a pesquisa é realizada no campo.

Já as pesquisas pré-experimentais são caracterizadas por não apresentarem grupo controle, ou seja, apenas o grupo que recebeu a manipulação é estudado, não há comparações com um grupo correspondente que não tenha sido modificado (HERNANDEZ *et al.*, 2014).

Quanto ao ambiente em que será executada, podendo ser em um ambiente controlado, isto é, laboratório, ou ambiente real, ou seja, campo (Hair *et al.*, 2005).

A decisão sobre em que ambiente conduzir o experimento deve analisar a possibilidade de o fato ser estudado de maneira adequada distante de seu ambiente natural, sem que haja distorções (BONOMA, 1985). Segundo Calder *et al.* (1981), experimento feito em laboratório é apropriado quando o propósito da pesquisa é a utilização e avaliação de alegações investigativa, já que dispõe de maior controle sobre as variáveis.

No entanto, de acordo com Trudel e Argo (2013), quando o local utilizado for o laboratório, os procedimentos experimentais devem ser o mais próximo possível da realidade fazendo com que os participantes se envolvam e simulem o fenômeno estudado, não comprometendo a validade do estudo.

Quanto ao desenho experimental, as manipulações podem ser entre-sujeitos, intra-sujeitos e mistos (Hair *et al.*, 2005). Quando cada participante da pesquisa experimental está envolvido ou no grupo controle ou no grupo experimental, a fim de comparar os participantes submetido a tratamentos distintos, chama-se desenho entre-sujeitos. Quando ocorre a exposição de cada participante ao grupo experimental e ao grupo experimental, com o intuito de comparar os fatores, chama-se desenho intra-sujeitos. Por fim, quando os participantes são expostos as duas opções, chama-se desenho misto.

Os desenhos experimentais entre-sujeitos são os mais aplicados na literatura, sendo utilizado quando o contexto experimental envolve uma única decisão ou quando há inúmeras variáveis a serem manipuladas (CHARNESS *et al.*, 2012).

3.4 População e amostra

De acordo com Jung (2004) para a realização de um experimento é necessária a seleção de uma amostra do universo a ser pesquisado. A amostra é uma parte, elemento ou conjunto representativo que integra o grupo ou conjunto total a ser observado.

A amostra desta pesquisa foi constituída por alunos de graduação de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). A amostra do experimento é composta por alunos do 4º ano de graduação matriculados nas disciplinas “Racionalização da Produção” e “Planejamento e Controle da Produção”, devido a compatibilidade da utilização de simulação a eventos discretos com essas disciplinas de gestão da produção.

Assim, foram selecionadas duas disciplinas que apresentam conteúdo que se relacionam: Racionalização da Produção (RP) e Planejamento e Controle da Produção (PCP). Em RP, os alunos se envolvem em conhecimentos como estudo de métodos, análise de processos, parâmetros de controle da produção, balanceamento de linhas, cargas de trabalho, análise da operação, estudo de tempo e estudo dos arranjos físicos. Os conhecimentos adquiridos nessa matéria devem ser utilizados na disciplina de PCP, na qual os alunos desenvolvem habilidades para gestão de estoques, planejamento da capacidade e teoria das restrições, controle da produção, *just-in-time* e *kanban*.

Normalmente, há, aproximadamente, 80 alunos que devem cursar estas disciplinas. Por haver um grande número de alunos, é feita uma divisão entre Turma 1 (T1) e Turma 2 (T2), sendo cada uma formada por no máximo 40 alunos. As aulas são ministradas no mesmo dia tanto para a T1, quanto para a T2, ambas as turmas recebem o mesmo conteúdo. Sendo que a primeira acontece a partir das 13:30h enquanto a segunda, a partir das 16:00h.

Para a formação das duas turmas foi estipulado pela universidade que os alunos com maior “Índice de Rendimento Acadêmico” (IRA) têm prioridade na escolha da turma, em que desejam participar, no momento da matrícula. Como consequência dessa medida imposta pela universidade ocorreu a formação da T1 por alunos com o IRA entre 6,62 e 8,37 e a T2, por alunos com IRA entre 5,78 e 6,60. A T1 era composta por 33 alunos e a T2, por 40 alunos.

Portanto foi definido para este estudo, o grupo de controle formado pelos alunos da T1 e o grupo experimental, formado pelos alunos da T2. Sendo que o conteúdo fornecido para o grupo controle, ou seja, T1, foi ministrado pelo professor conforme os anos

anteriores, de forma tradicional, em que o docente é o palestrante transmissor do conhecimento. E o grupo experimental, ou seja, T2, recebeu o mesmo conteúdo ministrado pelo professor, e um reforço no aprendizado fornecido por um tutor, por meio de uma atividade complementar utilizando o dispositivo de realidade virtual.

3.5 Condução do Experimento

O experimento teve início, juntamente com a disciplina utilizada neste estudo, em março de 2019. Para a condução dessa pesquisa, foram solicitados aos participantes a assinatura de um Termo de Consentimento, no qual estes estavam cientes e autorizavam que os dados fornecidos por eles, pudessem ser utilizados nesta pesquisa. Este documento está presente no Apêndice B.

O procedimento foi iniciado com a definição clara das regras e objetivos do projeto, visto que o ABS, começa com a definição clara dos objetivos instrucionais (SITTNER, 2015).

Portanto, ao início do semestre letivo, foi fornecida aos alunos uma introdução sobre o estudo, a fim de explicar como este seria conduzido, assim como responder as possíveis dúvidas dos alunos quanto às atividades, tempo de duração, objetivos, datas importantes, locais, entre outros. Todos os aspectos do experimento foram definidos e documentado em um roteiro disponibilizado aos alunos, iniciando o experimento. Os roteiros detalhavam as etapas, datas importantes, locais da atividade e avaliação.

Foram criados dois roteiros diferentes, um para T1, grupo de controle e um para T2, grupo experimental. Em seguida, os roteiros foram disponibilizados para os alunos através do Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA), para que todos os alunos matriculados na disciplina pudessem ter acesso aos detalhes do projeto. Cada aluno só tinha acesso ao roteiro do grupo ao qual estava inserido.

O estudo compreendeu três fases, como pode ser visualizado na Figura 3.3:

Fase I: todos os alunos, tanto os do grupo experimental quanto os do grupo controle, receberam o mesmo conteúdo ministrado pelo professor em sala de aula, com uma carga horária de 48 horas, sendo 8 horas destinadas ao ensino da cronoanálise.

Fase II: somente os participantes do grupo experimental receberam uma atividade complementar, com o objetivo de reforçar o aprendizado com uso de simulação e realidade virtual, com uma carga horária de 0,5 hora.

Fase III – todos os alunos participaram da mesma atividade de avaliação, com o intuito de utilizar os conceitos aprendidos para cronometrar os elementos importantes da linha de montagem.

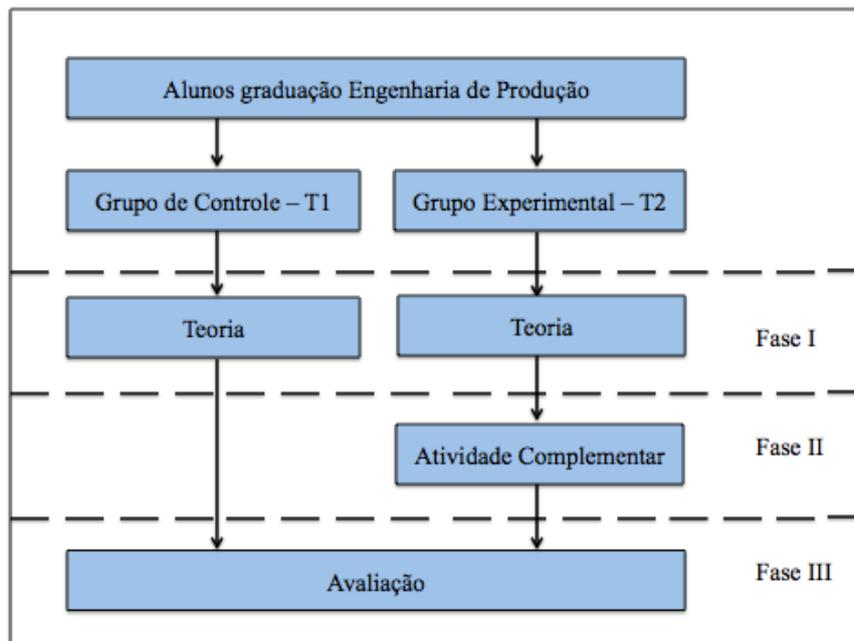


Figura 3.3 - Condução do experimento.

Na fase I, o conteúdo ministrado para todos os alunos estava em acordo com a ementa da disciplina do curso de Engenharia de Produção utilizada neste estudo, que trata do estudo do método, análise do processo, parâmetros de controle da produção, balanceamento de linhas, estudo de tempos e estudo do arranjo físico.

Portanto, todos os alunos receberam todo o conteúdo estipulado na ementa da disciplina. No entanto, para o estudo, foi definido com o professor responsável pelas disciplinas que o foco seria no estudo dos tempos, ou seja, na cronoanálise.

Na fase II, aconteceu uma atividade complementar apenas para os alunos da T2. Nesta fase os alunos participaram de uma atividade individual extra realizada em horário diferente do horário de aula em um laboratório específico.

O laboratório disponível para a atividade estava equipado com um computador com características específicas: Intel Core i7, com 16 GB de memória RAM, sistema

operacional Windows 10, e placa gráfica NVIDIA GTX 1060 6GB, software *FlexSim*[®] instalado e equipado com o dispositivo de realidade virtual.

Para que os alunos pudessem participar da atividade complementar foi disponibilizado uma agenda online na qual os alunos puderam reservar o dia e horário para serem atendidos pelo tutor.

A atividade complementar oferecida iniciava-se com uma introdução sobre o *FlexSim*[®]. Em seguida, foi explicado sobre o funcionamento dos óculos e da luva utilizados para caminhar pelo modelo e interagir com o cronômetro virtual.

A instrução incluiu uma preparação em que os alunos puderam testar os equipamentos até que estivessem confortáveis com o funcionamento dos óculos e da luva, de como caminhar pelo processo, se aproximar do processo para visualizar o fluxo da linha e cronometrar os tempos importantes.

O reforço de aprendizado era iniciado e o aluno recebia as orientações sobre o objetivo da atividade complementar. O objetivo do aluno consistia em compreender o processo e cronometrar os tempos relevantes do processo.

Em seguida, o modelo de simulação era iniciado e o tutor relembra os conceitos dados em sala de aula à medida que o aluno interagia com o modelo. Neste momento, o aluno era estimulado a conversar com o tutor, enquanto caminhava pela linha de montagem e colocava os conceitos aprendidos em prática. O tutor era responsável por responder os questionamentos dos alunos e ajudá-los no entendimento da linha, assim como identificar os elementos importantes do processo e cronometrá-lo de forma correta.

Essa atividade era individual. Após o término da atividade o aluno teve a oportunidade de discutir conceitos da matéria dada a fim de obter um melhor proveito da atividade.

Posteriormente, o aluno foi convidado a responder um questionário, como uma das formas de coleta de dados do trabalho. Apenas os alunos da Turma 2, responderam esse questionário após a atividade complementar, fase II. Neste questionário foram abordadas 27 questões divididas em aprendizagem, expectativa, autoconfiança, satisfação, imersão/presença.

Após todos os 40 alunos da Turma T2, grupo experimental, passarem pela fase II, foi iniciada a fase III, em que os alunos da Turma T1 e os alunos da Turma T2 participaram da atividade de avaliação do aprendizado.

O objetivo desta fase era avaliar a transferência de aprendizado, ou seja, a capacidade do aluno de utilizar os conceitos aprendidos em sala de aula e com o reforço de aprendizado, em uma situação real. Para esta fase os alunos foram orientados a formar grupos de 5 pessoas, conforme os roteiros disponibilizados anteriormente.

Alunos da Turma T1 só puderam formar grupo com alunos da Turma T1, assim como os alunos da Turma T2 também só puderam formar grupos com alunos da Turma T2, para que não houvesse influência do grupo experimental sobre o grupo de controle e as medições pudessem ser confiáveis.

3.6 Considerações finais

Conseqüentemente ao que foi exposto, este estudo é uma pesquisa quase-experimental, visto que os alunos foram separados em grupo experimental e de controle, não de forma aleatória, mas de acordo com o Índice de Rendimento Acadêmico (IRA). Portanto o estudo foi classificado como quase-experimental, dado que, essa escolha conforme o IRA não possibilita a distribuição aleatória dos participantes, pois o indicador determina o grupo do participante (CHAE *et al.*, 2013).

Quanto ao ambiente, o estudo é caracterizado como de laboratório uma vez que a manipulação da variável causal é realizada em um ambiente artificial, controlado. Visto que o processo utilizado para o ensino foi criado pelo pesquisador.

Quanto ao desenho experimental, o estudo é caracterizado como entre-sujeito, visto que cada aluno participou apenas de um grupo.

Este capítulo apresentou a classificação e o método de pesquisa utilizado nesta tese, a pesquisa experimental.

4. Desenvolvimento da Pesquisa

4.1 Considerações iniciais

Este capítulo apresenta o objeto de estudo em questão, o ambiente virtual, conteúdo da cronoanálise, e atividade avaliativa.

Foi desenvolvido, conjuntamente com o professor da disciplina “Racionalização da Produção”, uma linha de montagem para o ensino de cronoanálise utilizando ABS imersiva e interativa. Essa linha era composta por conceitos de Engenharia de Produção, com a definição do número de postos de trabalho e de funcionários, a existência e o tamanho do estoque e a funcionamento da linha de montagem como um todo.

Após a criação da linha de montagem de *Karts Lego*[®] e definição dos alunos que fariam parte do grupo experimental e do grupo controle, foram estudados os horários que seriam disponibilizados para os participantes, de modo que todos pudessem participar das atividades sem comprometer as outras disciplinas. Também foram planejadas as atividades que seriam aplicadas a cada grupo e o tempo de cada atividade do experimento.

Após quatro meses de trabalho no planejamento do experimento, foi dado início à construção do modelo computacional de simulação.

Para a construção do modelo, foi necessário colocar a linha de produção criada em funcionamento para coleta dos dados que seriam relevantes para a simulação. No funcionamento da linha de montagem foram utilizadas duas câmeras para a filmagem de toda a linha de montagem, 40 *kits* de peças suficientes para montar 40 *Karts* da marca *Lego*[®], 17 mesas e 5 cadeiras em um laboratório disponibilizado pela Universidade Federal de Itajubá, com área útil de 90m².

A linha de montagem foi realizada por 5 alunos de pós-graduação voluntários que executaram os papéis de funcionários da linha produtiva, durante 14 ciclos, em horários variados para representar as variabilidades de uma linha de produção real. Esse processo foi filmado para posterior coleta de dados. A partir destas filmagens da linha de produção em funcionamento, foi possível coletar todas as informações necessárias para desenvolver o modelo computacional da linha de montagem de *Karts Lego*[®].

As 28 horas de filmagens dos 14 ciclos da linha de montagem foram minuciosamente assistidas, para que todos os tempos de cada operação executada por cada pesquisador operador fossem coletados e anotados com precisão em uma planilha elaborada para este propósito. Foram coletados 40 tempos de operação e 5 tempos de reposição de cada operador por ciclo. Também foram coletados e considerados todos os tempos de deslocamento, ociosidade e *lead time*.

O modelo computacional foi construído utilizando da computação gráfica, inserindo todos os detalhes da linha de montagem, de maneira a tornar o modelo o mais fiel possível com o intuito de representar a realidade da linha de produção desenvolvida.

4.2 Descrição do ambiente virtual

A linha de montagem foi desenvolvida com o intuito de representar um processo produtivo que pode ser encontrado em empresas reais. Neste caso estudado, o modelo é uma linha de montagem com uma série de estações de trabalho manual, na qual o produto é montado sequencialmente e transportado sucessivamente por cada estação de trabalho.

A linha de montagem de *karts Lego*® desenvolvida era composta por 5 postos de trabalho, sendo os 4 primeiros divididos entre as tarefas de montagem e o último correspondente a inspeção.

Para a reposição de matéria-prima, havia um estoque central no qual as peças dos 4 primeiros postos ficavam agrupadas em lotes de 8 unidades. Quando fosse necessária a reposição, os operadores se deslocavam do seu respectivo posto de trabalho até o estoque central para a reposição dos *kits*.

Além desse estoque central, entre cada posto de trabalho, havia um estoque intermediário de produtos semiacabados, onde o que cada operador produziu ficava aguardando para a continuação da produção no próximo posto de trabalho da linha de produção. A linha tem capacidade total de produção de 40 unidades de *Kart Lego*®.

O processo de montagem de *Karts* se iniciava no posto 1 com um fluxo empurrado, isto é, a produção ocorria de maneira contínua independentemente do consumo do processo seguinte. Ocasionalmente havia uma quebra de máquina neste posto e, quando isso acontecia, o operador 1 deveria parar a produção até que o problema na máquina fosse resolvido.

Já no posto 2 o fluxo é puxado, ou seja, o operador 2 só iniciava a montagem quando o operador 3 puxava a peça produzida no processo anterior. Em seguida a peça semiacabada seguia para o posto 3, que produzia em lotes de 2 unidades.

Neste posto há um *kanban* que tem a função de sinalizar para o operador 4 a cada lote produzido. Com isso, o operador 4 se deslocava para o estoque intermediário, pegava o lote de duas unidades e as levava para o seu posto de trabalho, finalizando a produção dos *karts* em lotes de 4 unidades.

A cada lote produzido, o operador 5 iniciava o processo de inspeção, realizando medições, verificando o funcionamento e a qualidade dos *karts*. Os *karts* aprovados eram embalados e conduzidos em lotes de 4 unidades até a área de produtos aceitos. Se o *kart* fosse reprovado, o operador 5 levava o produto até a área de rejeitados. A taxa de retrabalho neste processo foi de 10%. Nas Figuras 4.1, 4.2 e 4.3 é apresentado o modelo conceitual do processo.

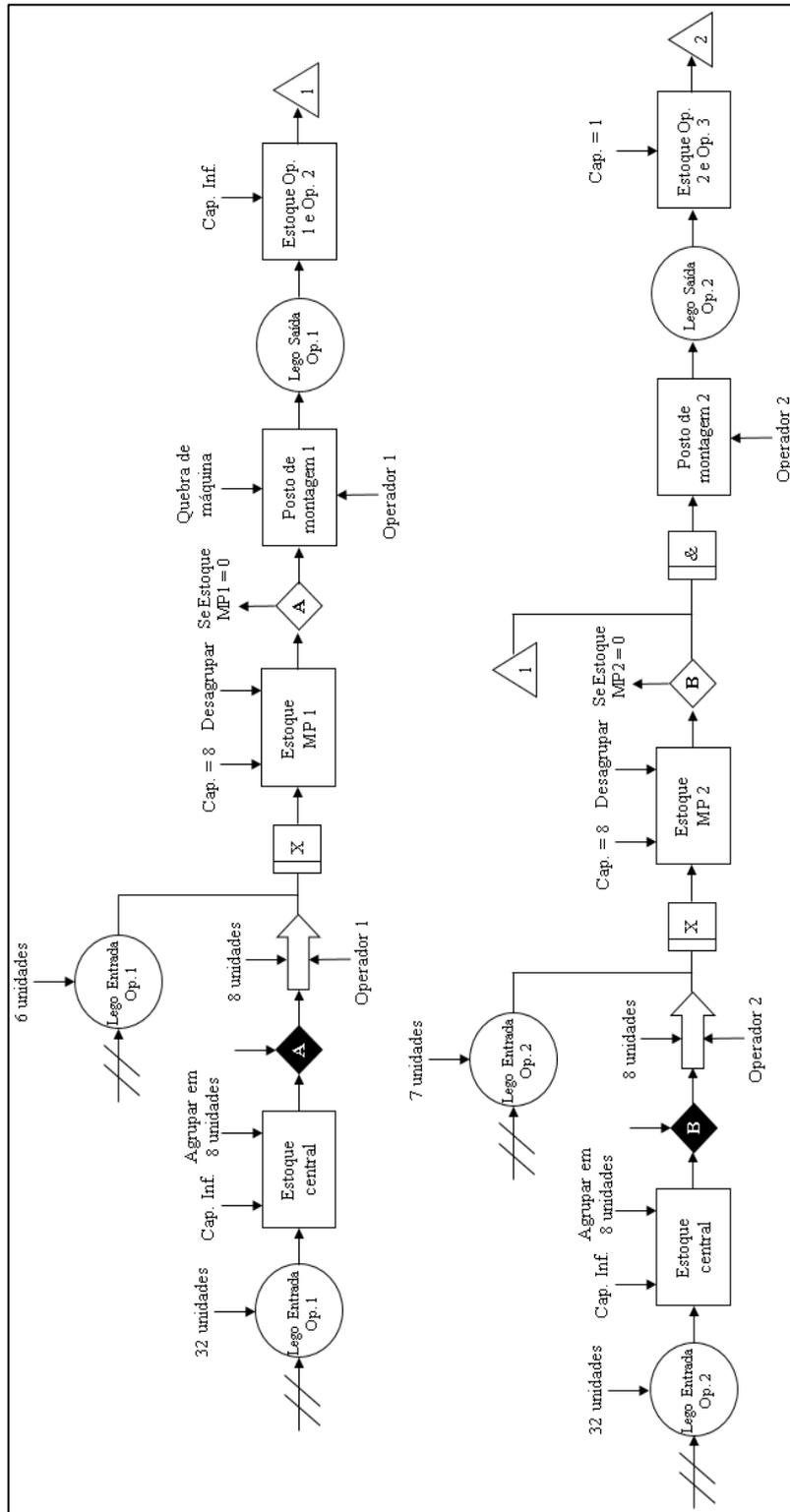


Figura 4.3 - Modelo conceitual do processo – IDEF-SIM - parte 1.

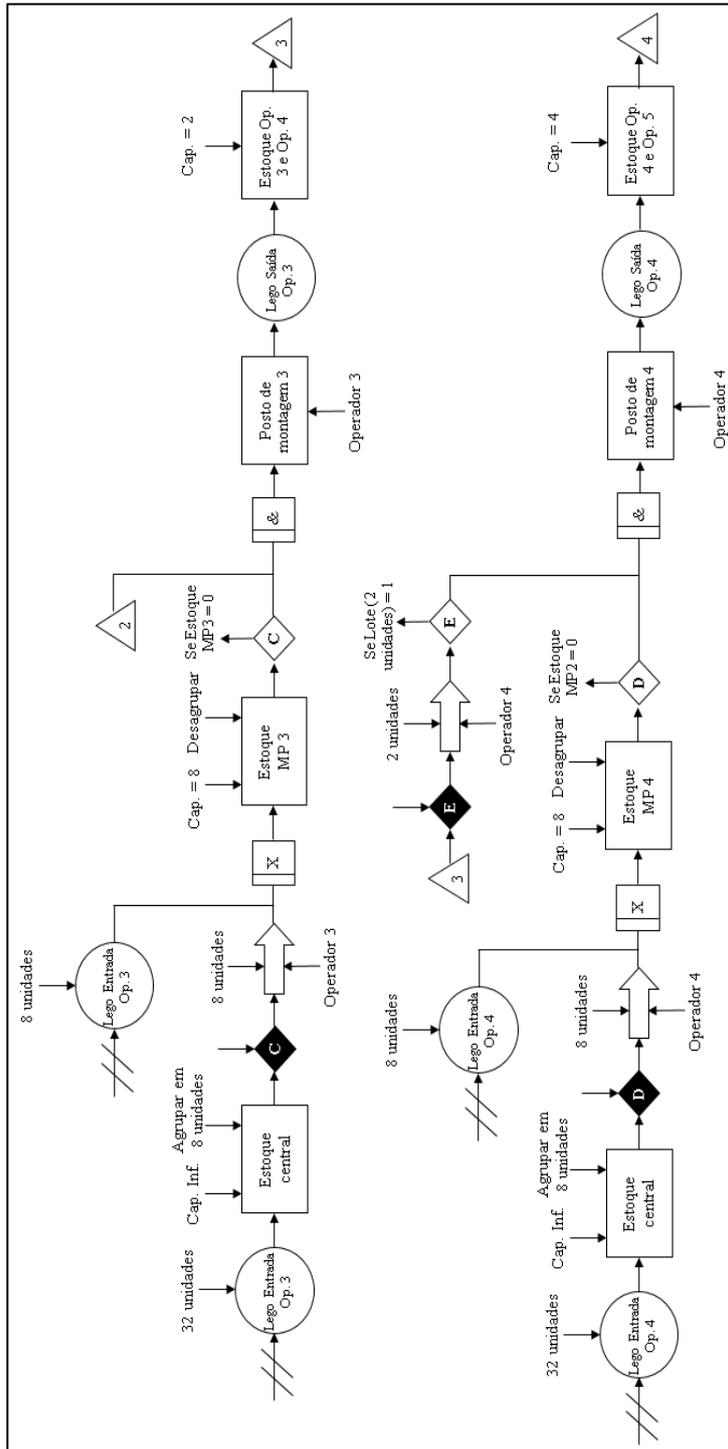


Figura 4.4 - Modelo conceitual do processo - IDEF-SIM - parte 2.

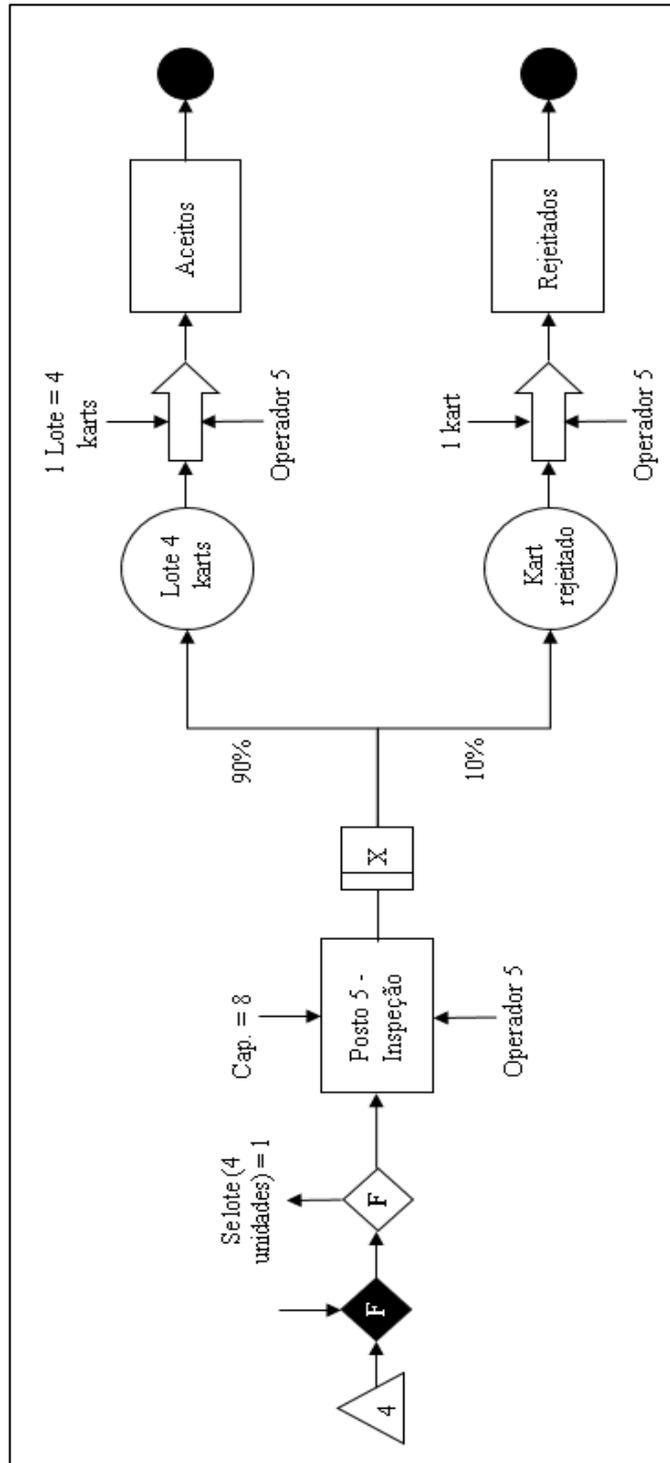


Figura 4.5 - Modelo conceitual do processo - IDEF-SIM - parte 3.

Após a criação do modelo conceitual, iniciou-se o desenvolvimento do modelo computacional.

Após a criação do modelo computacional e suas lógicas, este modelo foi validado. A validação do modelo é definida como a comprovação de que um modelo computacional possui um nível satisfatório de precisão consistente com a intenção de aplicação pretendida do modelo (SARGENT, 2013).

Para a validação do modelo computacional deste trabalho, utilizou-se a técnica de validade de evento. Segundo Sargent (2013), nesta técnica os eventos de ocorrências (saídas) do modelo de simulação são comparados com os dados do sistema real para determinar se são semelhantes. Portanto, utilizou-se um teste *2 sample-t* para comparar as saídas do modelo de simulação com o sistema real, sendo executadas 30 réplicas para o modelo computacional. Para Goldsman *et al.* (2017) é possível obter um alto grau de confiança nos resultados da simulação apenas por meio de comparações entre as saídas do modelo e do sistema real.

Para ser feito o teste *2-Sample t* dos resultados, primeiramente realizou-se um teste de normalidade de Anderson-Darling por intermédio do *software Minitab®*, pelo qual os dados do sistema real e simulado foram considerados normais. As Figuras 4.4 e 4.5 mostram o teste de normalidade dos dados do sistema real e das saídas do modelo simulado, respectivamente.

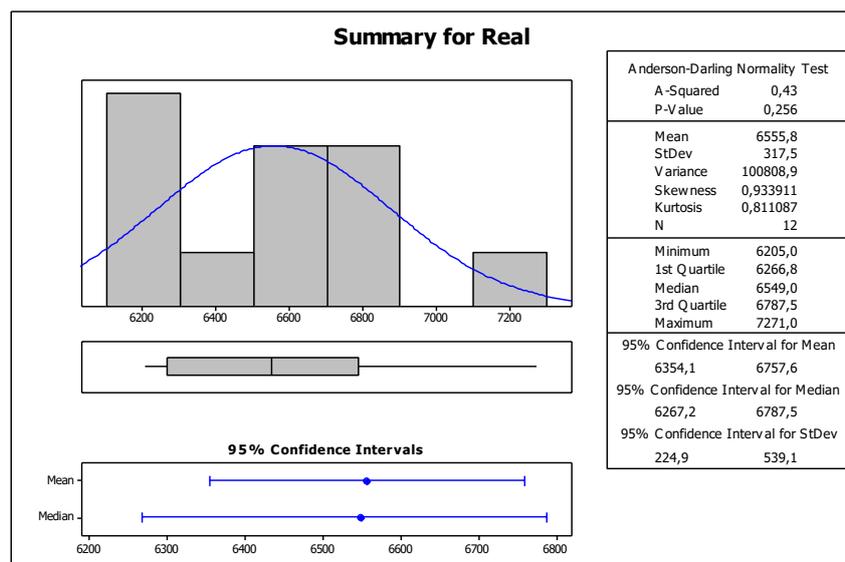


Figura 4.4 – Teste de normalidade do sistema real

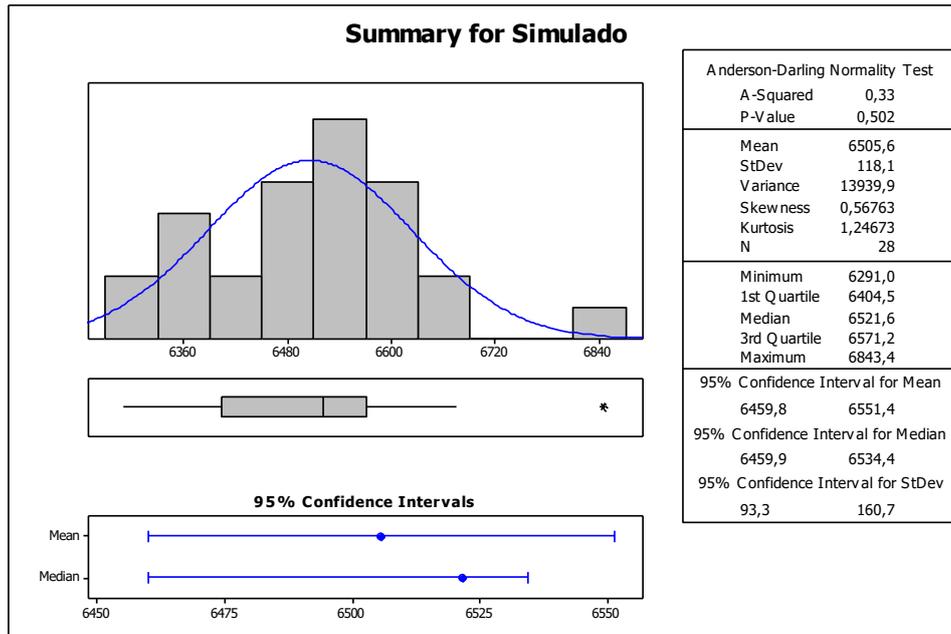


Figura 4.5 – Teste de normalidade das saídas do modelo simulado

Após ser realizado o teste de normalidade dos resultados, foi possível fazer a validação estatística, comparando os dados simulados com os dados reais através de teste de hipóteses. Assim, considera-se:

H_0 : modelo é válido para uma variação de precisão aceitável

H_1 : modelo não é válido para uma variação de precisão aceitável

Neste trabalho, a validação estatística foi realizada através do teste *2-Sample-t* utilizando o software *Minitab*®. Tem-se que se o *p-value* for maior que 0,05, aceita-se hipótese nula. De acordo com o teste, obteve-se um *p-value* de 0302, ou seja, aceita-se com 95% de confiança a hipótese H_0 de que os dados obtidos através da simulação são equivalentes aos dados reais, como pode ser visualizado na Figura 4.6.

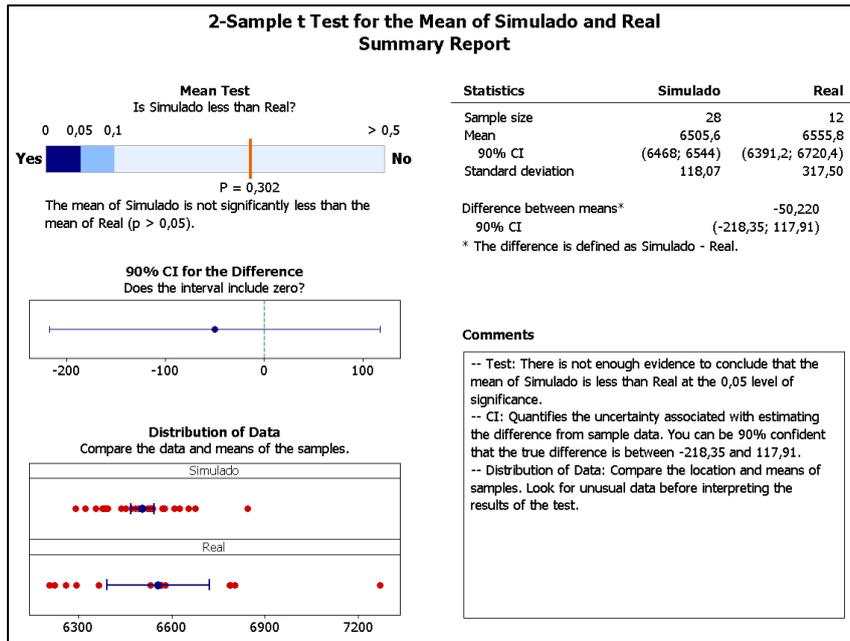


Figura 4.6 – Teste 2 *sample-t* para os dados reais e simulados

O modelo computacional foi desenvolvido no *software FlexSim*[®], pois o este software suporta o uso do equipamento de realidade virtual chamado *Oculus Rift*[®], conforme visualizado na Figura 4.7. Isso possibilita ao usuário navegar pelo modelo ativando a opção “*VR mode*”.

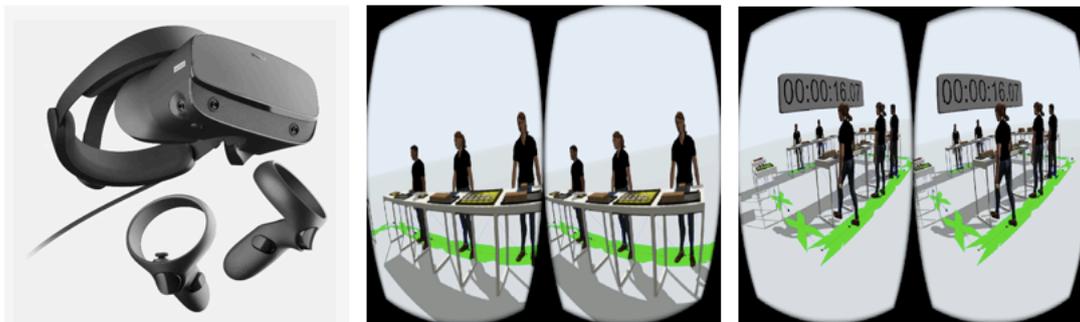


Figura 4.7 - Dispositivo de realidade virtual – *Oculus Rift*[®].

No modelo desenvolvido foi incluído um cronômetro que estava alocado no meio do sistema simulado para que pudesse ser visualizado em qualquer ponto da linha de montagem, como pode ser visto na Figura 4.8.

Para que houvesse interação do aluno com o modelo criado, foi desenvolvido um código em *FlexScript*, que é uma linguagem compilada e resumida do C++.

A partir de um modelo demonstrativo da *FlexSim*[®] que utiliza o controle para proporcionar interação com o modelo, foi possível utilizar engenharia reversa. Partindo de um código existente foi analisado sua estrutura, algoritmos e fluxos de execução, e em seguida foi produzido um novo código no modelo criado para permitir a utilização de um cronômetro durante a execução em modo realidade virtual.

O código desenvolvido (Apêndice A), faz a leitura do pressionamento de botões do controle para marcar o começo e parada do cronômetro e registrar "voltas". Os valores são salvos em uma *Global Table* que pode ser exportada posteriormente para o Excel[®].

O cronômetro era acionado com a luva (componente do dispositivo de realidade virtual), que possibilitava dar início na contagem de tempo, assim como finalizar o tempo. Esse tempo cronometrado era guardado em uma tabela no próprio modelo, que podia ser acessada e exportada para um arquivo em Excel.



Figura 4.8 - Linha montagem *Kart - FlexSim*[®].

Após a construção e validação do modelo computacional, e da checagem do correto funcionamento do cronômetro virtual, este foi utilizado no ensino de cronoanálise no experimento de ABS imersivo e interativo.

4.3 Conteúdo Cronoanálise

A Cronoanálise é uma técnica com objetivo de estimar os tempos de realização de uma atividade realizada por um profissional qualificado, trabalhando em um ritmo normal para concluir uma tarefa específica, possibilitando conhecer o tempo que está sendo usado

para a conclusão de atividades agregadoras de valor ao processo de transformação na fabricação de peças e produtos (KULKARNI *et al.*, 2014).

O conteúdo de cronoanálise ministrado pelo professor estava de acordo com a ementa da disciplina de Engenharia de Produção. Os conceitos abordados sobre cronoanálise foram:

- Entender o processo e as etapas;
- Definir os elementos de cada etapa do processo;
- Fazer cronometragem de tempos;
- Estabelecer tempos padrão.

Foi ensinado aos alunos em sala de aula sobre a definição de elementos importantes de cada etapa do processo, movimentos que compõem o elemento da tarefa, separação clara dos pontos entre os elementos, explicação sobre a leitura correta do cronometro, posição correta para cronometragem, descarte dos primeiros tempos coletados até perceber estabilização dos tempos, apresentação de softwares de coleta de tempos e número de amostras cronometradas.

4.4 Atividade Avaliativa

Na fase de avaliação foi disponibilizado uma agenda online na qual os grupos de alunos puderam reservar o dia e horário para realizar a atividade de avaliação. Esta agenda ficou disponível por 2 meses para viabilizar a participação de todos os alunos.

A avaliação foi realizada em um laboratório, dedicado para a atividade, onde foi reproduzida a linha de montagem de *Karts Lego*[®], formada por 5 alunos voluntários de pós-graduação (mestrado e doutorado), atuando como operadores do processo. A linha de montagem era composta por 5 postos de trabalho, sendo 4 responsáveis pelas tarefas de montagem e um pelo posto encarregado da inspeção, conforme descrito na Seção 4.2.

A atividade avaliativa tinha duração de aproximadamente duas horas, desde o início das instruções até a entrega do questionário respondido pelos alunos. O processo total de montagem dos 40 *karts* durava aproximadamente 1h e 30min. Neste período o aluno acompanhava todas as características da linha, podendo perceber os detalhes do processo, como tempo de quebra de máquina, tempo de ociosidade dos operadores, tempo de

deslocamento, tempo de reposição das peças, assim como tempo de movimentação desnecessária e o tempo total para a entrega das 40 unidades de *karts*.

Inicialmente, os alunos recebiam as instruções sobre a atividade avaliativa. O grupo de alunos era comunicado que não obteriam nenhuma ajuda do tutor nesta atividade e que deveriam cronometrar os tempos relevantes do processo. Não era instruído a nenhum grupo como e quais os tempos eram importantes cronometrar.

O grupo era informado que deveriam se organizar como equipe para definir os elementos que seriam cronometrados e qual aluno ficaria responsável pela cronometragem de determinado posto. Além disso, os grupos foram comunicados que estariam sendo filmados e que em hipótese nenhuma seriam divulgados os vídeos, e que estes somente seriam usados para complementar a avaliação.

Em seguida, os alunos receberam uma explicação sobre o processo desde seu início até o fim, e neste momento poderiam tirar dúvidas sobre a linha de montagem para que pudessem estruturar a equipe. Foi informado também que os alunos deveriam enviar um relatório descrevendo a atividade e enviando os tempos coletados.

Após fornecer as informações aos alunos, era dado ao grupo um tempo para que eles se organizassem e assim que eles estivessem seguros, era dado início a atividade avaliativa.

Para este estudo, a avaliação feita se concentrou na medição dos resultados ou na realização dos objetivos, ou seja, o quanto os objetivos de aprendizagens foram alcançados. Foi determinado parâmetros para a atividade, ou seja, critérios pré-estabelecidos permitindo uma justa avaliação do participante.

Para avaliar o aluno foram usados os seguintes índices de desempenho conforme o aprendizado em sala de aula:

- Posicionamento do aluno para coleta de dados: a localização adequada do aluno para a cronometragem dos dados é se posicionar atrás do operador do processo, em um ângulo de 45 graus, fora do campo visual do operador. Assim é possível cronometrar e observar o processo sem influenciar a atividade do operador. Visto que nesta posição o operador não consegue visualizar que está sendo observado e cronometrado e assim não irá alterar seu ritmo de trabalho.

- Definição dos elementos importantes: a correta cronometragem é feita ao estabelecer pontos de separação claros entre os vários elementos, determinando assim quando a atividade do elemento tem seu início e seu fim. Um elemento do processo consiste em um ou vários movimentos combinados em uma determinada sequência para alcançar um certo resultado esperado.
- Utilização do *Neochronos*: a utilização do aplicativo *Neochronos* facilita o trabalho de cronoanálise, visto que o aplicativo tem um cronometro, efetua o cálculo de tempos padrão e análises estatísticas básicas, facilitando a determinação do número de amostras. Assim como é possível verificar se há um ou outro tempo que está completamente afastado dos demais tempos do mesmo elemento, registrando esse tempo para que futuramente decida pela eliminação ou não desse tempo cronometrado. O uso desse aplicativo é mostrado em sala de aula, e também ensinado seu funcionamento, assim como a leitura dos dados, não sendo um aplicativo de uso obrigatório.
- Organização da atividade: a equipe que se organiza de forma apropriada consegue definir e cronometrar todos os elementos relevantes do processo.
- Análise estatística dos tempos: os tempos coletados pelos alunos são testados se são estatisticamente iguais aos tempos oficiais da atividade realizada, visto que a atividade de cada grupo foi filmada, gerando um gabarito para posterior checagem.

Posteriormente, o aluno foi convidado a responder um questionário. Neste questionário foram abordadas questões sobre a dificuldade da atividade e autoconfiança dos alunos.

A atividade avaliativa, em que cada grupo de alunos foi filmado, gerou dados comportamentais, sobre como os alunos conduziram e utilizaram os conceitos ensinados em sala de aula nesta situação real. Além disso, como produto da atividade avaliativa, os alunos enviaram planilhas de Excel com os dados cronometrados por eles e quantidade de amostras coletadas. Ao final da atividade avaliativa, foi solicitado ao aluno que respondesse um questionário. Neste questionário foram abordadas 7 questões sobre a atividade avaliativa. Portanto, tem-se como principais fontes de dados para análise, as gravações realizadas durante as atividades dos alunos, as respostas dos questionários aplicados e as planilhas de Excel contendo os dados coletados pelos alunos.

5. Análise dos Resultados

5.1 Considerações Iniciais

Esta seção irá apresentar as avaliações e resultados obtidos com esta pesquisa. Como mencionado na Seção 4.1, o objeto de estudo desta tese foram duas disciplinas de graduação de Engenharia de Produção, em que na disciplina RP os alunos aprenderam sobre cronoanálise, enquanto na disciplina de PCP os alunos participaram de uma atividade para utilizar os conhecimentos adquiridos.

Para condução da análise foram utilizadas as gravações realizadas durante as atividades dos alunos, as respostas dos questionários aplicados e o relatório final contendo os dados coletados pelos alunos.

5.2 Análise Quantitativa

Primeiramente, foi feita uma análise de avaliação dos alunos observando alguns critérios de desempenho. A seguir serão apresentados os dados, os critérios de avaliação e as análises baseadas nos conceitos dados em sala de aula.

Alguns critérios de desempenho foram obtidos através da filmagem da atividade avaliativa por vídeos, e alguns critérios avaliados foram obtidos através do relatório entregue pelos alunos.

A gravação da avaliação de cada grupo de 5 alunos foi realizada com o objetivo de registrar fielmente as ações dos participantes e assim analisar a transferência de aprendizado. Portanto, foram realizadas gravações das atividades avaliativas feitas na linha de montagem entre os dias 14 de abril e 31 de maio de 2019. Cada grupo e cada aluno foram avaliados conforme os conceitos aprendidos em sala de aula.

Os critérios avaliados foram: posicionamento do aluno, definição dos elementos importantes, utilização do *Neochronos*, organização da atividade e dados cronometrados.

Para a análise do quesito posicionamento do aluno foi feita uma avaliação individual onde o aluno era pontuado somente quando estivesse posicionado de forma correta, conforme orientação do professor e do tutor.

No quesito definição dos elementos importantes, foi avaliado individualmente de acordo com o relatório final entregue pelo aluno. O aluno era pontuado quando informações relevantes sobre a definição dos elementos e tempos coletados estivessem no relatório final, ou seja, quando o aluno relatava qual elemento foi cronometrado, com início e fim bem definidos para medir os tempos de execução.

O quesito *Neochronos* também foi avaliado de forma individual, em que o aluno era pontuado somente se tivesse utilizado o software durante a cronometragem dos tempos, conforme sugerido pelo professor e tutor.

No quesito organização da atividade, o grupo era avaliado e pontuado somente se todos os integrantes do grupo obtivessem pontuação no quesito análise estatística dos dados.

E no quesito análise estatística dos dados, o aluno era avaliado individualmente, e pontuado quando os tempos eram cronometrados corretamente.

Portanto, quanto a avaliação da posição do aluno para cronometragem, na Turma T1, grupo controle, 22 alunos não se posicionaram de forma correta para cronometragem dos tempos, ou seja, aproximadamente 67% dos alunos não agiram conforme ensinado em sala de aula. Na Turma T2, grupo experimental, apenas 4 alunos não se posicionaram de forma correta para cronometragem, ou seja, 10% dos alunos não atuaram segundo ensinado em sala de aula, como pode ser visualizado no Figura 5.1.

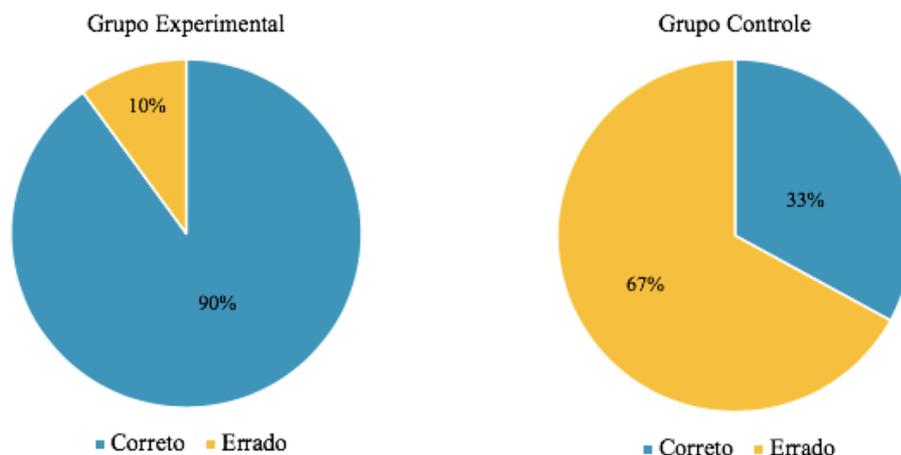


Figura 5.1 – Posição dos alunos para cronometragem

A Figura 5.2, mostra um exemplo de um grupo de 5 alunos, onde todos estavam posicionados de forma incorreta.



Figura 5.2 - Registro da atividade avaliativa do dia 29 de Maio de 2019.

Assim sendo, o grupo controle, obteve uma taxa muito alta de erro no critério posição, não conseguindo transferir o aprendizado em sala de aula para uma situação real. Já os alunos do grupo experimental obtiveram uma taxa baixa de erros cometidos nesse quesito. Mostrando que o grupo experimental alcançou melhores resultados no quesito posicionamento.

Quanto a avaliação da definição dos elementos, a Turma T1, grupo controle, 21 alunos não definiram os elementos para a cronometragem dos tempos, ou seja, aproximadamente, 64% dos alunos, não exerceram a atividade conforme lecionado em sala de aula. Enquanto, aproximadamente 36% dos alunos do grupo controle, exerceram a atividade conforme lecionado em sala de aula. Na Turma T2, grupo experimental, apenas 1 aluno, não definiu os elementos para cronometragem. Ao passo que, 39 alunos, 97% da turma, exerceram a atividade conforme lhes fora lecionado pelo professor/tutor. Desta forma, o grupo experimental obteve melhores resultados no critério definição dos elementos, visualizado na Figura 5.3.

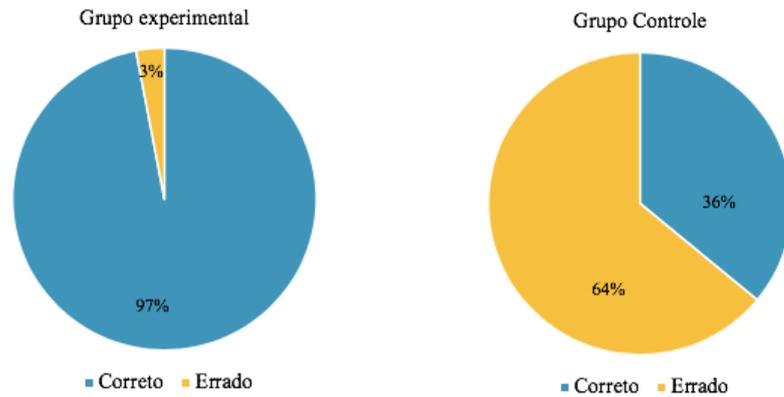


Figura 5.3 – Definição dos elementos

Quanto a utilização do *Neochronos*, na Turma T1, grupo controle, 24 alunos, aproximadamente 73% dos alunos não utilizaram o aplicativo de cronometragem na atividade avaliativa. Em um total de 33 alunos, apenas 9, aproximadamente 27% da turma utilizaram o aplicativo de cronometragem. Na Turma T2, grupo experimental, apenas 5 alunos, aproximadamente 12%, não utilizaram o aplicativo para cronometragem dos dados. Em um total de 40 alunos, 35 alunos, aproximadamente 88% da turma utilizou o aplicativo de cronometragem na atividade avaliativa, como mostra a Figura 5.4.

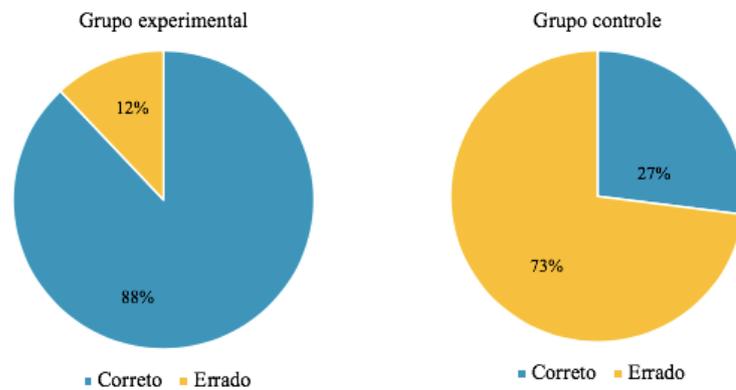


Figura 5.4 – Utilização do aplicativo de cronometragem *Neochronos*

Quanto a organização da atividade foi feita uma avaliação do grupo de 5 alunos. A Turma T1, grupo controle, foi dividida em 7 grupos, sendo que 100% dos grupos não planejaram a atividade de forma adequada, o que acarretou coleta errada de dados. Já a Turma 2, grupo experimental, foi dividida em 8 grupos, sendo que 100% dos grupos

planejaram a atividade de forma adequada, ou seja, nenhum grupo coletou erroneamente os dados.

Diante dos resultados dos quesitos analisados, pode-se verificar que a Turma T2, grupo experimental, obteve melhores resultados em todos os critérios, com uma porcentagem de erros pequena e uma porcentagem de acertos significativos em relação a Turma T1, grupo controle.

Para a verificação do último quesito foi realizado um teste estatístico para avaliação da correta cronometragem dos dados, comparando os tempos cronometrados com os tempos do processo.

Para avaliar se os alunos cronometraram os tempos corretamente foram comparados os tempos coletados por cada aluno com o gabarito dos tempos do processo. Como cada dia de montagem de *Karts Lego*[®] foi filmado, foi possível estabelecer corretamente os tempos de cada elemento.

Para realizar essa análise, foi comparado os dados cronometrados pelos alunos com os dados reais da linha de montagem. Assim, considerou-se:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$, os tempos coletados são iguais aos tempos reais

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$, os tempos coletados são diferentes dos tempos reais

Sendo assim, o coeficiente que será comparado será o *p-value*. Com isso, tem-se que se o *p-value* for maior que 0,05, não há evidência estatística para refutar a hipótese nula, ou seja, conclui-se que os tempos coletados são iguais aos dos tempos reais.

Inicialmente foi verificado se as amostras são normalmente distribuídas, realizando o teste de normalidade para os tempos coletados e para os tempos reais. Após a realização do teste de normalidade foram utilizados os testes *Kruskal-Wallis* ou *Pareid-t* para verificação da correta cronometragem dos tempos feito por cada aluno.

No primeiro exemplo, tem-se os tempos coletados por um aluno do grupo controle, do Posto 4 da linha de montagem, como pode ser visualizado na Tabela 5.1.

Cada dia de montagem foi filmado e gerou um gabarito para verificação dos dados coletados. Portanto os tempos coletados correspondem ao dia 15 de maio de 2019, que foram analisados de acordo como o gabarito do dia correspondente.

Tabela 5.1 - Dados do Posto 4 - Grupo controle - Montagem do dia 15/05/2019.

Nº de amostras	Tempos coletados	Tempos reais (gabarito)
1	74,95	68
2	69,31	65
3	76,3	71
4	68,22	65
5	89,63	67
6	71,66	74
7	90,1	72
8	73,9	76
9	96,4	81
10	72,5	90
11	85,4	67
12	74,8	70
13	99,32	71
14	77,31	74
15	97,25	73
16	76,05	74
17	90,08	75
18	121,06	64
19	94,15	70
20	89,74	76
21	68,69	71
22	107,42	59
23	88,75	70
24	70,55	59
25	92,14	68
26	68,14	77
27	91,55	69
28	61,25	72
29	96,74	75
30	75,66	65
31	118,67	72
32	93,44	79
33	70,25	69
34	110,36	63
35	112,05	86
36	74,98	74
37	76,49	68
38		69
39		70
40		61

Para ser feito o teste, primeiramente realizou-se um teste de normalidade de Anderson-Darling por intermédio do *software Minitab*®. As Figuras 5.5 e 5.6 mostram o teste de normalidade dos dados dos tempos coletados por esse aluno e dos tempos reais da linha de montagem no dia da coleta, respectivamente.

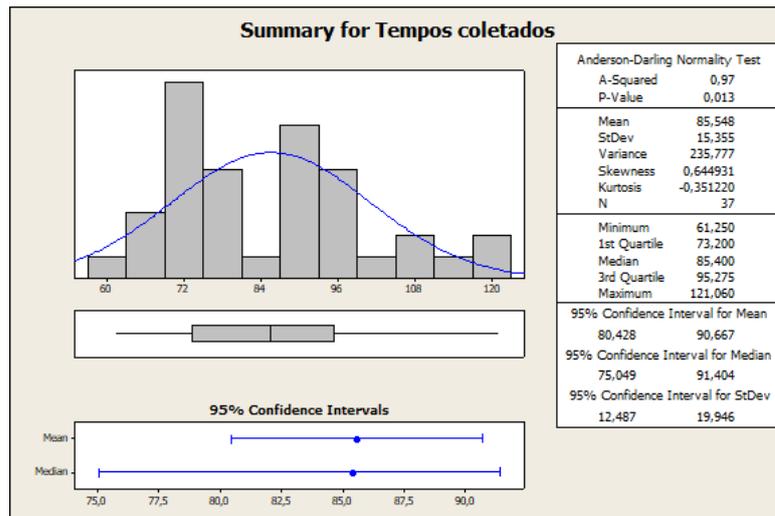


Figura 5.5 – Teste de normalidade para tempos coletados

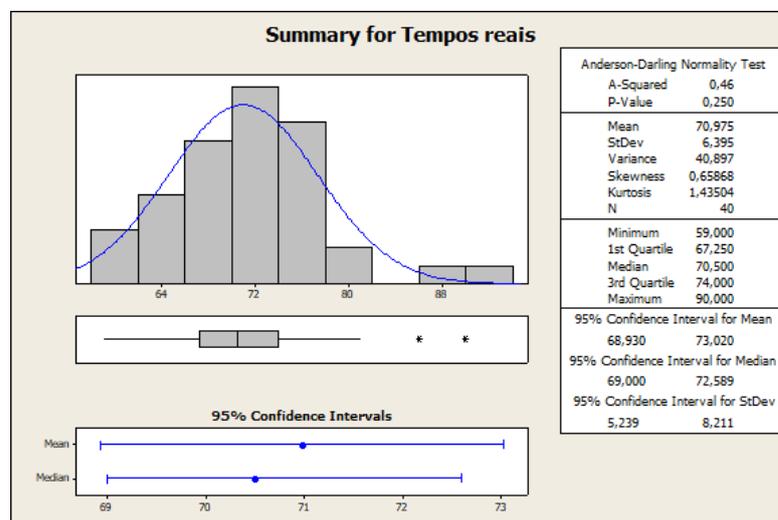


Figura 5.6 – Teste de normalidade para os tempos reais

Portanto, após a análise do teste de normalidade foi utilizado um teste não paramétrico, *Kruskal-Wallis*, para comparação dos dados cronometrados pelos alunos com os dados reais da linha de montagem. De acordo com o teste, obteve-se um *p-value* de 0,00, isto é, assume-se com 95% de confiança a hipótese de que os tempos coletados são diferentes dos tempos reais.

No segundo exemplo, tem-se os tempos coletados por um aluno do grupo experimental, do Posto 4 da linha de montagem, como pode ser visualizado na Tabela 5.2. Cada dia de montagem foi filmado e gerou um gabarito para verificação dos dados

coletados. Portanto os tempos coletados correspondem ao dia 28 de maio de 2019, que foram analisados de acordo como o gabarito do dia correspondente.

Tabela 5.2 - Dados do posto 4 - grupo experimental – Montagem do dia 28/05/2019.

N° de amostras	Tempos coletados	Tempos reais (gabarito)
1	58,36	59
2	65,85	65
3	66,27	68
4	68,15	69
5	60,69	62
6	71,16	70
7	60,59	61
8	58,07	59
9	61,26	65
10	63,56	62
11	68,55	71
12	64,16	64
13	63,56	65
14	61,31	61
15	62,89	66
16	73,88	74
17	69,24	57
18	65,07	64
19	72,95	76
20	64,42	63
21	77,33	82
22	66,47	66
23	63,03	65
24	68,35	69
25	63,96	66
26	72,15	73
27	70,49	73
28	66,75	67
29	66,25	68
30	65,27	66
31	61,86	65
32	67,11	67
33	69,32	74
34	73,62	73
35	65	68
36	71,78	72
37	72,76	75
38	75,60	77
39	66,13	70
40	65,17	64

Inicialmente foi realizado um teste de normalidade de Anderson-Darling por intermédio do *software Minitab*®. As Figuras 5.7 e 5.8 mostram o teste de normalidade

dos dados dos tempos coletados por esse aluno e dos tempos reais da linha de montagem no dia da coleta, respectivamente.

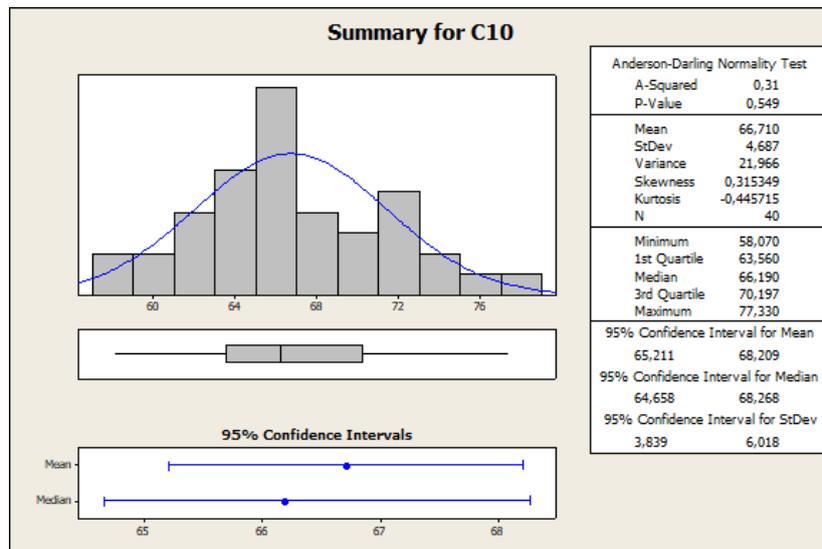


Figura 5.7 – Teste de normalidade para tempos coletados

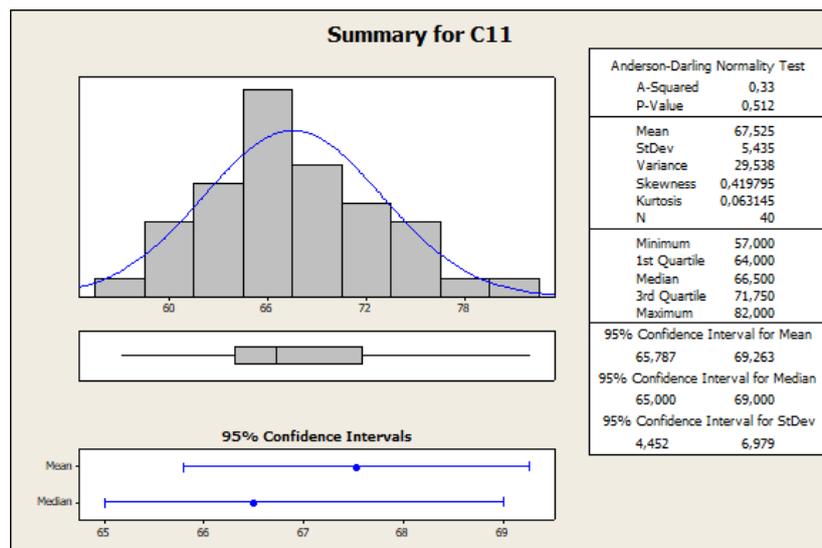


Figura 5.8 – Teste de normalidade para tempos reais

Portanto, após a análise do teste de normalidade foi utilizado um teste paramétrico, *Paired-t*, para comparação dos dados cronometrados pelos alunos com os dados reais da linha de montagem. De acordo com o teste, obteve-se um *p-value* de 0,190, ou seja, aceita-se com 95% de confiança a hipótese de que os tempos coletados são iguais aos tempos reais.

Assim, foram feitos testes para os tempos coletados dos 33 alunos do grupo de controle e também para os tempos coletados dos 40 alunos do grupo experimental. Após o teste, foi possível verificar quais alunos cronometraram corretamente os tempos. A figura 5.9 mostra a porcentagem de acertos dos grupos, sendo que 100% dos alunos do grupo experimental cronometraram corretamente os tempos enquanto 67% dos alunos do grupo controle cronometraram os tempos corretamente, como pode ser visto no Apêndice C.

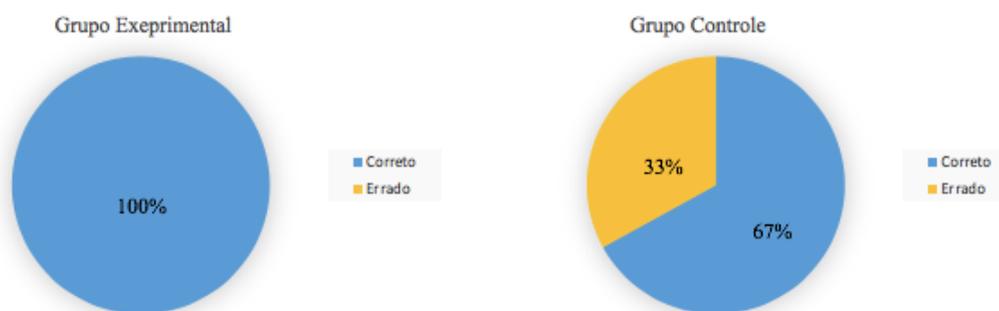


Figura 5.9 – Porcentagem de alunos que cronometraram corretamente

Em seguida foi verificado se a transferência de aprendizado do conteúdo lecionado em sala de aula para uma situação real do grupo experimental foi mais bem-sucedido que a do grupo controle. Para tanto, foi comparado as notas obtidas pelos alunos de cada grupo utilizando o teste *2-Sample t*.

Com relação a pontuação dos alunos na atividade avaliativa, foram utilizados 5 critérios descritos na Seção 4.4. É importante ressaltar aqui que cada competência selecionada para a avaliação proposta foi cuidadosamente analisada de acordo com os ensinamentos dados em sala de aula e as habilidades investigadas para cada uma delas, tem papel fundamental dentro da cronoanálise.

A pontuação de cada aluno foi feita por meio do método da pontuação ponderada, ou seja, cada atividade possui um grau de importância, sendo a nota final do aluno a média ponderada entre as notas obtidas. Para calculá-la, foi multiplicado o peso dado a cada critério pela nota obtida, em seguida somado os resultados e por fim, foi dividido pela soma dos pesos, conforme 1:

$$Nota\ aluno = \frac{p_1 \cdot c_1 + p_2 \cdot c_2 + p_3 \cdot c_3 + p_4 \cdot c_4 + p_5 \cdot c_5}{p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5} \quad (1)$$

sendo: p é o peso do critério, de acordo com a Tabela 5.4, e c é a nota do aluno de acordo com cada critério de avaliação.

Segundo Slack *et al.* (2007) determina-se a relevância relativa de cada critério e atribui-se pesos para cada um deles. A totalidade dos pesos atribui-se 100. O método utilizado para obtenção dos pesos dos critérios foi o método supervisionado, ou subjetivo, que é baseado na elicitación da preferência dos decisores em relação a importância relativa dos critérios.

Para a atribuição de pesos a cada critério, utilizou-se uma escala ordinal, baseada na intensidade de importância de cada critério para a cronoanálise. Optou-se por atribuir aos critérios, pontuações que seguem uma escala de cinco valores (Tabela 5.3), o que permite identificar os critérios entre os mais importantes e menos importantes, sem apresentar um número excessivo de valores que não expressam maior precisão na avaliação.

Tabela 5.3- Regra para a pontuação dos critérios.

Pontuação	Regra
1	Critério nada importante na realização da cronoanálise
2	Critério pouco importante na realização da cronoanálise
3	Critério moderadamente importante
4	Critério importante na realização da cronoanálise
5	Critério muito importante na realização da cronoanálise

Com a finalidade de estabelecer o peso final para os critérios da avaliação, foi realizada uma consulta à professores e pesquisadores da área de Engenharia de Produção, em que foi solicitado a cada um deles que pontuassem os critérios: tempos cronometrados corretamente, posição de cronometragem, organização da atividade, definição dos elementos e uso do *NeoChronos*, de acordo com as regras estabelecidas na Tabela 5.4. Em seguida foi feito o cálculo da média para a definição do peso final de cada critério, estabelecido conforme Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Pesos dos critérios avaliativos.

Critério	Peso
Tempos Cronometrados Corretamente – C1	(P1) 5,0
Organização da Atividade – C2	(P2) 3,8
Posição Cronometragem – C3	(P3) 3,6
Definição dos Elementos – C4	(P4) 3,4
Uso do <i>NeoChronos</i> – C5	(P5) 2,2

Após a definição do peso, foi possível estabelecer a nota de cada aluno do grupo de controle e do grupo experimental. Cada aluno foi avaliado segundo os 5 critérios estabelecidos, sendo que para cada critério o aluno era pontuado com nota 1 ou 0. Nota 1, caso o aluno utilizasse o que foi lecionado em sala de aula para a situação real e, nota 0, caso o aluno não utilizasse o que foi lecionado em sala de aula. Em seguida, a nota final de cada aluno era calculada conforme Equação 1. As notas finais dos 73 alunos podem ser visualizadas no Apêndice D.

Em seguida foi feita uma comparação das notas finais adquiridas pelo grupo controle e as notas finais adquiridas pelo grupo experimental.

Para realizar essa análise, tem-se duas hipóteses:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$, as médias das notas do grupo experimental são iguais as médias das notas do grupo controle

$H_1: \mu_1 > \mu_2$, as médias das notas do grupo experimental são maiores que as médias das notas do grupo controle

Sendo assim, o coeficiente que será comparado é o *p-value*. Com isso, tem-se que se o *p-value* for menor que 0,05, a média das notas do grupo experimental são maiores que as médias das notas do grupo controle.

Conforme o teste, obteve-se um *p-value* de 0,00, isto é, assume-se com 98% de confiança que a hipótese de que as notas dos alunos do grupo experimental são consideravelmente maiores que as notas adquiridas pelos alunos do grupo controle, como pode ser visualizado na Figura 5.10.

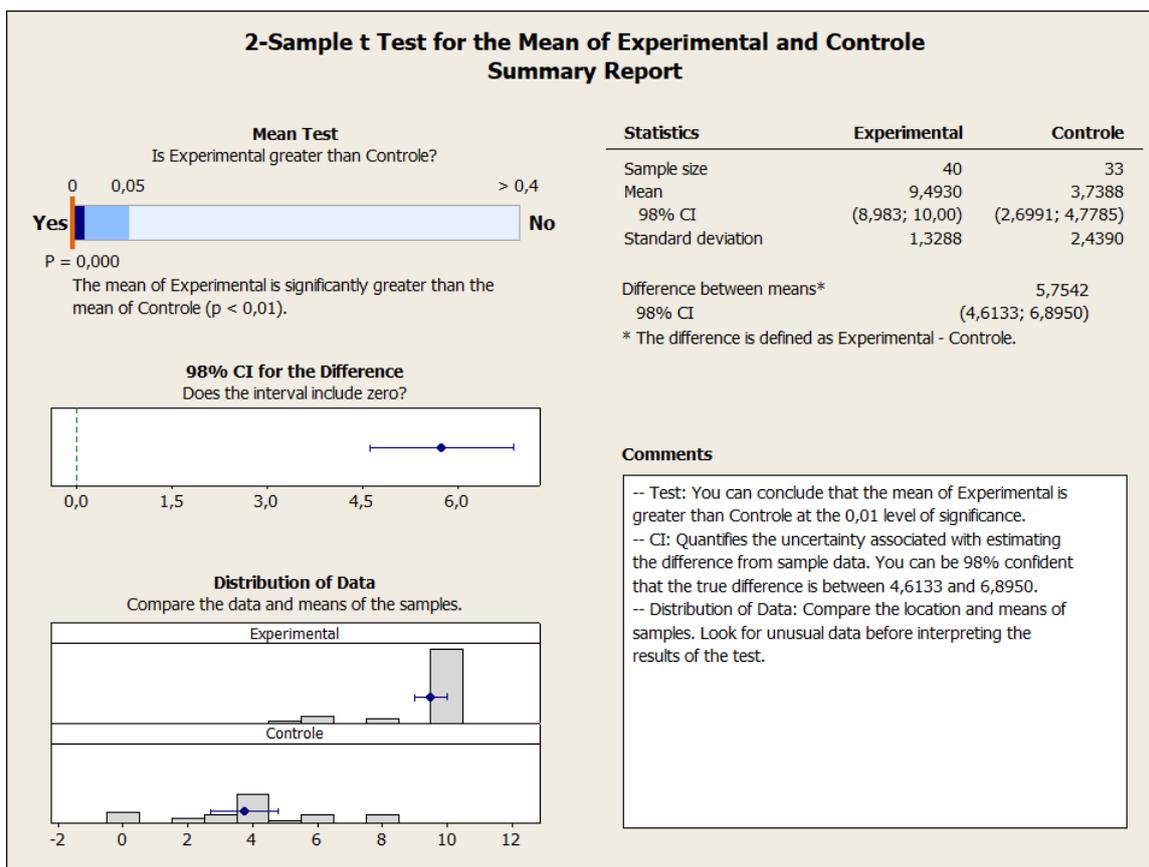


Figura 5.10 - Relatório da análise das notas dos alunos.

Dos 40 alunos do grupo experimental, 85%, ou seja, 33 alunos, conseguiram utilizar os conceitos dados em sala de aula em um ambiente real, com uma pontuação de 10 em 10 pontos possíveis; 5% dos alunos obtiveram uma pontuação de 8,78 em 10 pontos possíveis; e 10% dos alunos obtiveram uma pontuação entre 6,11 e 6,78 em 10 pontos possíveis.

Dos 33 alunos do grupo de controle, 12%, ou seja, 4 alunos, obtiveram uma pontuação entre 6,0 e 7,89 em 10 pontos possíveis; 76%, ou seja, 25 alunos, obtiveram uma pontuação entre 1,22 e 4,78 em 10 pontos possíveis; e 12%, ou seja, 4 alunos, obtiveram uma nota 0 (zero) em 10 pontos possíveis.

5.3 Análise Quantitativa e Qualitativa

5.3.1 Avaliação do Questionário respondido pelos alunos do grupo experimental

Foi aplicado um questionário para os alunos da Turma 2, grupo experimental, na

fase II do experimento. O questionário foi desenvolvido baseado em dois questionários existentes. O questionário *Educational Practices Questionnaire*, ou, Questionário de práticas educativas (KARDONG-EDGREN *et al.*, 2009), foi elaborado com o intuito de ser aplicado a qualquer indivíduo que seja submetido a procedimento de aprendizado. E o questionário *Student Satisfaction and Self-Confidence in Learning*, ou, Satisfação de Estudantes e Autoconfiança na Aprendizagem (ALMEIDA *et al.*, 2015), foi elaborado com a finalidade de, a partir da satisfação e autoconfiança do aluno, reforça a utilização de estratégias de ensino. Ambos foram criados pela Instituição Americana de ensino de enfermagem (*National League for Nursing - NLN*).

O questionário desenvolvido é composto por 27 itens, como pode ser visto no Quadro 5.1, e um espaço opcional para comentários, sugestões e críticas. Os itens dos questionários foram agrupados em: aprendizagem, expectativas, autoconfiança, satisfação e imersão/presença.

Foram utilizados cinco níveis de resposta (*Escala Likert*) no qual os respondentes escolhem a opção que melhor representa sua preferência, em que:

- 1. Discordo fortemente;
- 2. Discordo;
- 3. Nem concordo nem discordo;
- 4. Concordo;
- 5. Concordo fortemente.

Quadro 5.1 – Questionário respondido pelo Grupo Experimental

<p>Aprendizagem</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No início da simulação foi fornecida informação suficiente para proporcionar orientação e incentivo. 2. Eu aprendi com os comentários feitos pelo tutor antes, durante ou após a simulação. 3. Eu tive a oportunidade de discutir conceitos ensinados na simulação com o meu tutor. 4. O tutor foi capaz de responder às necessidades individuais dos alunos durante a simulação. 5. O uso de atividades de simulação tornou meu tempo de aprendizagem mais produtivo. 6. Fui incentivado a explorar todas as possibilidades da simulação. 7. A simulação foi projetada para o meu nível específico de conhecimento e habilidades. 8. Após a simulação houve oportunidade para obter orientação/feedback do tutor, a fim de construir conhecimento para outro nível. 9. Simulação e Realidade virtual me ajudaram a ter entendimento claro de como chegar aos meus resultados finais.
<p>Expectativas</p> <ol style="list-style-type: none"> 10. Os objetivos para a experiência simulada foram claros e de fácil compreensão. 11. O tutor comunicou os objetivos e expectativas a serem alcançados durante a simulação. 12. Simulação com RV me ajudou a aplicar minha compreensão da matéria dada. 13. Simulação com RV não é compatível com minha abordagem de aprendizado. 14. Foi fácil navegar entre os vários recursos da Simulação com RV
<p>Autoconfiança</p> <ol style="list-style-type: none"> 15. Estou confiante de que domino o conteúdo da atividade de simulação que o tutor me apresentou. 16. Estou confiante que esta simulação incluiu o conteúdo necessário para o domínio do tema dado em sala de aula. 17. Estou confiante de que desenvolvi habilidades e obtendo os conhecimentos necessários a partir desta simulação para executar os procedimentos necessários em um ambiente real.
<p>Satisfação</p> <ol style="list-style-type: none"> 18. A simulação com realidade virtual foi útil e eficaz para meu aprendizado. 19. Eu gostei de aprender através da simulação e realidade virtual. 20. O uso de Simulação com RV foi interessante. 21. Eu me diverti com a experiência 22. Eu participaria de outra experiência de simulação e realidade virtual.
<p>Imersão/Presença</p> <ol style="list-style-type: none"> 23. Perdi a noção dos eventos que aconteceriam no mundo real enquanto usava simulação e realidade virtual. 24. O cenário se assemelhava a uma situação da vida real. 25. Fatores, situações e variáveis da vida real foram incorporados ao cenário de simulação. 26. Eu senti que estava realmente lá. 27. Foi fácil me concentrar na simulação.

Fonte: Adaptado de Kardong-Edgren *et al.* (2009) e Almeida *et al.* (2015).

5.3.1.1 Análise do Alfa de Cronbach

O coeficiente Alfa de Cronbach (α) é usado para estimar a confiabilidade interna de um questionário aplicado em uma pesquisa, medindo a existência de coerência nas respostas dos participantes. Além disso, mede a correlação entre as respostas dadas pelos respondentes, apresentando uma correlação média entre as perguntas (CRONBACH e SHAVELSON, 2004).

Segundo Malhotra e Grover (1998), baseado no cálculo do coeficiente Alfa de Cronbach a confiabilidade pode ser classificada em muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta, como apresentado na Tabela 5.5, podendo variar entre 0 e 1, e quanto maior seu valor, mais alta é a confiabilidade dos dados (BRYMAN e BELL, 2007).

Tabela 5.5 - Classificação da confiabilidade a partir do valor α

Confiabilidade	Muito baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito Alta
Coefficiente	$\alpha < 0,30$	$0,30 < \alpha < 0,60$	$0,60 < \alpha < 0,75$	$0,75 < \alpha < 0,90$	$0,90 \leq \alpha$

Fonte: Malhotra e Grover (1998)

De acordo com Streiner (2003), um limite inferior aceito para o alfa de Cronbach é 0,70, e o limite máximo satisfatório é de 0,90, considerando o questionário confiável para inferir ou medir aquilo pelo qual foi proposto e não possui informações redundantes. Visto que, os elementos redundantes devem ser excluídos.

Com a utilização do *Minitab* foi calculado o Alfa de Cronbach para o questionário aplicado, sendo o valor encontrado de 0,8690. Portanto, o questionário aplicado na Turma 2, grupo experimental, possui alta confiabilidade para realização das análises.

5.3.1.2 Resultados e Análise do Questionário

O questionário foi respondido pelos 40 alunos da Turma 2, grupo experimental, com o objetivo de medir a satisfação do aluno em relação a atividade complementar. O propósito das análises é verificar as respostas de cada questão do questionário. A resposta esperada para cada item é obter nota maior que três, pois indicam a aceitação da afirmação

feita, ou seja, demonstram que os alunos concordaram com o que foi analisado. Enquanto notas menores que três significariam a rejeição da afirmativa pelos respondentes.

A escolha do teste para escalas *Likert* pode ser por meio do teste não paramétrico, *1-Sample Wilcoxon*, ou por meio do teste paramétrico *1-Sample t* (WINTER e DODOU, 2010). Foi utilizado o teste *1-Sample Wilcoxon* para analisar as respostas, visualizado na Tabela 5.6. Assim, considera-se as seguintes hipóteses para a mediana (η):

$H_0: \eta < 3$

$H_1: \eta > 3$

Tabela 5.6 – Análise do Questionário Grupo experimental

Item	Respondentes	P-value	Mediana
1	40	0,000	5,000
2	40	0,000	5,000
3	40	0,000	5,000
4	40	0,000	5,000
5	40	0,000	5,000
6	40	0,000	4,500
7	40	0,000	5,000
8	40	0,000	4,500
9	40	0,000	4,500
10	40	0,000	5,000
11	40	0,000	5,000
12	40	0,000	5,000
13	40	1,000	1,500
14	40	0,000	4,500
15	40	0,000	4,000
16	40	0,000	4,500
17	40	0,000	4,500
18	40	0,000	5,000
19	40	0,000	5,000
20	40	0,000	5,000
21	40	0,000	5,000
22	40	0,000	5,000
23	40	0,000	4,000
24	40	0,000	4,000
25	40	0,000	4,000
26	40	0,000	4,500
27	40	0,000	4,500

Fonte: Adaptado *Software Minitab*®

Sendo assim, o coeficiente comparado será o *p-value*. Tem-se que se o *p-value* for menor que 0,05, há evidências para rejeitar a hipótese nula e dizer que a mediana das respostas é maior que três.

O item 13 do questionário apresenta um *p-value* maior do que 0,05. Neste caso, quando o valor é superior a 0,05, não há evidências para rejeitar a hipótese nula e dizer que a mediana das respostas é maior que três. Porém o item 13 corresponde a afirmativa: Simulação com realidade virtual não é compatível com minha abordagem de aprendizado? Onde as respostas como discordo totalmente (1) e discordo (2) são desejáveis para este estudo. Portanto de acordo com o *p-value*, os alunos discordam desse item pois acham que simulação e realidade virtual é compatível com a abordagem de aprendizado de cada um.

Para todos os outros itens, o *p-value* de cada questão foi menor do que 0,05, com 95,0% de confiança, há evidências para rejeitar a hipótese nula e dizer que a mediana das respostas é maior que três. Portanto, isso mostra que os participantes concordam com as afirmações.

As primeiras nove afirmações estão relacionadas ao aprendizado. A primeira afirmação está relacionada às informações e orientações dadas para a execução da atividade complementar. Os 40 alunos responderam que foram oferecidas informações suficientes para orientá-los e incentivá-los, sendo que 85% concordaram fortemente com a afirmação.

A segunda afirmação visa descobrir se houve aprendizado com os comentários do tutor da atividade complementar. Todos os alunos concordaram que os comentários do tutor antes, durante e após a atividade proporcionaram aprendizado, visto que 87,5% concordaram fortemente.

A terceira e quarta afirmações são sobre a interação com o tutor, em que apenas um respondente afirmou não concordar nem discordar das afirmações. Os outros 39 alunos afirmam que tiveram oportunidade de discutir com o tutor ideias e conceitos ensinados na atividade complementar e que o tutor conseguiu atender às necessidades de cada aluno durante a atividade de simulação. De acordo com o relato do aluno, a tensão da primeira vez na atividade impediu a interação com o tutor, sendo melhor se a atividade acontecesse mais de uma vez.

A quinta afirmação visou perceber se a atividade complementar tornou o tempo de aprendizagem mais produtivo. Todos os alunos concordaram com a afirmação, sendo que

cerca de 80% dos respondentes concordaram fortemente com a afirmação. Alguns alunos relataram que entenderam melhor o tema após a atividade complementar e que gostariam que outras disciplinas utilizassem simulação para ensinar.

A sexta e sétima afirmativas estão relacionados ao conteúdo da atividade complementar, sendo que 39 dos respondentes afirmaram que foram incentivados a experimentar as possibilidades da simulação, e que estava de acordo com suas habilidades e conhecimentos. Apenas um aluno discordou das afirmações, e relatou que por nunca ter utilizado simulação sentiu que não tinha habilidade suficiente para participar da atividade.

A oitava afirmação visou mostrar se houve *feedback* do tutor. Dos 40 alunos, 37 responderam que houve oportunidade para obter orientação e *feedback* do tutor, com o intuito de construir conhecimento. Dois respondentes não concordaram e nem discordaram, e apenas um aluno afirma que discorda da afirmação. No relato ele informou que não houve tempo o suficiente para obter um feedback e que a atividade poderia ter uma duração maior.

A nona afirmação visa descobrir se a atividade complementar ajudou o aluno a assimilar como alcançar resultados satisfatórios, sendo que 38 alunos afirmaram que a simulação ajudou a ter entendimento claro de como chegar aos meus resultados finais, e 2 alunos não concordaram e nem discordaram da afirmação.

As cinco afirmativas a seguir estão relacionadas as expectativas dos alunos quanto a atividade complementar. A décima e décima primeira afirmativas visam descobrir se os objetivos da atividade complementar estavam bem definidos. Os 40 respondentes afirmaram que os objetivos da simulação foram claros e de fácil compreensão. A décima segunda afirmativa está relacionada a utilização dos conceitos adquiridos em sala de aula. Apenas um respondente não concordou e nem discordou da afirmação, enquanto 39 alunos afirmaram que a simulação ajudou a aplicar e compreender a matéria lecionada em sala de aula.

A décima terceira e décima quarta afirmativas visam descobrir se a simulação é compatível com a forma de aprendizado de cada aluno e se foi fácil navegar pelos recursos da simulação. Cerca de 95% dos alunos disseram que a simulação combina com a sua abordagem de aprendizado e que foi simples interagir com a simulação. Apenas um aluno relatou ter dificuldade com a luva utilizada para controlar os movimentos dentro da simulação.

As afirmativas 15,16 e 17 estão relacionadas a autoconfiança do aluno. Dos 40 alunos, cerca de 85% afirmam estar confiante de que dominam o conteúdo dado em sala de aula e que possuem conhecimento necessário para utilizar os conceitos em uma situação real após participar da atividade complementar, enquanto 10% discordam da afirmação e os outros 5% não concordam e nem discordam. Alguns alunos relataram que se participassem da atividade outras vezes a autoconfiança melhoraria.

As afirmativas 18 a 22 estão relacionadas a satisfação do aluno com a atividade complementar. Todos os 40 alunos afirmaram que a simulação foi útil e eficaz para o seu aprendizado, que gostaram de aprender utilizando simulação, além de terem achado interessante e divertido. Apenas um aluno afirmou que não gostaria de participar de outra experiência com realidade virtual, pois sentiu desconforto com os óculos de realidade virtual, e ficou enjoado.

As últimas afirmações estão relacionadas a imersão no sistema. Com relação ao envolvimento do aluno no sistema, cerca de 80% afirmaram que perderam a noção dos eventos do mundo real enquanto interagem com a simulação, os outros 20% discordaram da afirmação. Com relação ao cenário, aproximadamente 93% dos alunos afirmaram que o cenário da simulação se aproximava de uma situação real, enquanto 5% dos alunos discordaram.

Com relação a presença, 90% dos alunos afirmaram que sentiram como se realmente estivesse naquele ambiente simulado e que foi fácil se concentrar na simulação. Alguns alunos relataram que havia muito barulho e conversas no ambiente em que aconteceu a atividade complementar atrapalhando a sensação de imersão e outros relataram que gostariam que tivessem recursos de áudio para que a imersão fosse completa.

Sendo assim, de acordo com as repostas obtidas no questionário os alunos ficaram satisfeitos com a atividade complementar baseada em simulação e realidade virtual, visto que essa atividade facilita o aprendizado.

Pela análise das repostas dissertativas fica evidente a aceitação e satisfação dos alunos com a atividade de simulação e realidade virtual. Os relatos dos alunos foram positivos quando descrevem que a experiência foi útil, pois mudou para melhor a percepção do tema abordado, tornando mais interessante e motivador, além de possibilitar entender

um processo produtivo de forma fácil, viabilizando a prática do que foi ensinado em sala de aula e assim entender como devem agir em uma situação real.

5.3.1.3 Análise de Conteúdo

A análise de conteúdo é um método de interpretar, categorizar e quantificar dados, como textos, de maneira estruturada com a finalidade de apresentar não somente uma análise descritiva dos dados coletados (WANNAGS e GOLD, 2020), possibilitando o entendimento do tema, padrões e problemas gerais da pesquisa (LAHANE *et al.*, 2020).

A análise de conteúdo inclui a análise qualitativa, com a identificação e definição dos conceitos chave no texto e a análise quantitativa, contabilizando suas ocorrências (GONZALEZ *et al.*, 2019).

A estrutura da análise de conteúdo é constituída de três etapas (BARDIN, 2011):

- Pré-análise: esta etapa é desenvolvida para a leitura geral do material escolhido para análise, formulação do objetivo a partir da leitura inicial dos dados, elaborar os indicadores para interpretação dos dados coletados;
- Exploração do Material: esta etapa contempla a organização do conteúdo em unidades e a classificação das unidades em categorias. Faz-se a leitura do material, identifica-se as palavras-chaves e realiza-se uma categorização inicial agrupando-as em temas. Com este processo busca-se não somente entender o sentido da fala dos entrevistados, mas também procura outro sentido através da mensagem do entrevistado. A categorização facilita a análise dos dados, pois destaca os pontos mais importantes da pesquisa;
- Tratamento dos resultados – inferência e interpretação: após definir as categorias e identificar o que constitui cada uma delas, a próxima etapa é divulgar o resultado da pesquisa. O resultado deverá apresentar as categorias, computar frequências e percentuais apresentados por gráficos, quadros ou outras ferramentas.

A análise de conteúdo apresentada nesta tese foi feita utilizando os comentários deixados pelos alunos do grupo experimental ao final do questionário. O questionário aplicado após a atividade de simulação e realidade virtual era constituído por um espaço para comentários livres sobre a experiência com a atividade complementar.

Foram criados dois grandes grupos, Grupo Positivo (GP) e grupo Críticas Construtivas (GCC), como pode ser visualizado no Quadro 5.2. O GP considerou os

atributos relevantes do ABS imersivo elencados pelos alunos e foi dividido em três categorias: prática, suporte e motivação. O GCC considerou as sugestões e reclamações feitas pelos alunos e foi dividido em quatro categorias: agente externo, equipamento, modelo e duração da atividade.

Quadro 5.2 – Categorias apresentadas para análise de conteúdo

Categorias	
Grupo Positivo (GP)	Grupo Críticas Construtivas (GCC)
<ul style="list-style-type: none"> - Prática (CP): demonstra a percepção do usuário quanto ao ganho de habilidades por meio da simulação e realidade virtual; - Suporte (CS): indica o reconhecimento dos alunos quanto ao reforço do aprendizado com a utilização da simulação e realidade virtual; - Motivação (CM): apresenta a influência impulsionadora da simulação e realidade virtual no ensino; 	<ul style="list-style-type: none"> - Agente externo (CA): indica as condições insatisfatórias do local em que acontecem a atividade complementar; - Equipamento (CE): demonstra a percepção dos usuários quanto ao uso dos equipamentos de realidade virtual; - Modelo (CMC): discute as sugestões dos usuários para o aperfeiçoamento do modelo computacional; - Duração da atividade (CD): indica a percepção dos usuários quanto ao tempo determinado pra utilização da simulação e realidade virtual.

Após a organização e categorização do material foi analisado os comentários dos alunos sobre a experiência com a atividade complementar. Embora 40 alunos tenham respondido o questionário aplicado, apenas 32 deles fizeram considerações sobre a atividade.

Esses 32 comentários foram organizados de acordo com as categorias criadas e separados em uma tabela elaborada, Tabela 5.7, em que foi colocado o número do comentário que pertence a determinada categoria e grupo. Todos os comentários feitos pelos alunos podem ser visualizados no apêndice E.

Tabela 5.7 - Categorização dos comentários

Comentários feitos pelos alunos do Grupo Experimental			
GP		GCC	
CP	6; 10; 12; 18; 19; 20; 26; 30	CA	5
CS	2; 4; 8; 9; 11; 15; 16; 17; 21; 22; 24; 27; 28; 29; 31	CE	17
CM	1; 3; 5; 7; 13; 14; 23; 25; 32	CMC	1; 6; 7; 14
		CD	3; 4; 15

Com os dados coletados e os comentários categorizados, é possível fazer inferências e interpretações (BARDIN, 2011).

Primeiramente, ao comparar os dois grupos estabelecidos, nota-se que há mais avaliações pertencentes ao GP, ou seja, os *feedbacks* positivos aparecem de forma predominante. Enquanto os *feedbacks* pertencentes ao GCC aparecem em menor quantidade.

Todos os 32 comentários feitos pelos alunos foram distribuídos no grupo GP, pois apresentavam características percebidas pelos alunos. Sendo distribuídos nas categorias CP, CS e CM, como pode ser visualizado na Figura 5.11.

Na categoria CP foram considerados 8 comentários, em que os alunos destacam que a atividade complementar possibilitou a prática dos conceitos aprendidos como se estivessem em um “chão de fábrica”, aprendendo como agir em um ambiente real.

Na categoria CS foram contabilizados 15 comentários, nos quais os alunos afirmam que a atividade complementou o aprendizado, pois facilitou a assimilação da matéria dada em sala de aula. Além disso, 40% dos comentários dos alunos afirmam que gostariam que outras disciplinas utilizassem simulação e realidade virtual no ensino.

Na categoria CM foram considerados 9 comentários, em que os alunos relatam que sentiram motivados com a atividade complementar. Sendo que 55% dos comentários feitos pelos alunos afirmam que foram incentivados a aprender e agir corretamente.

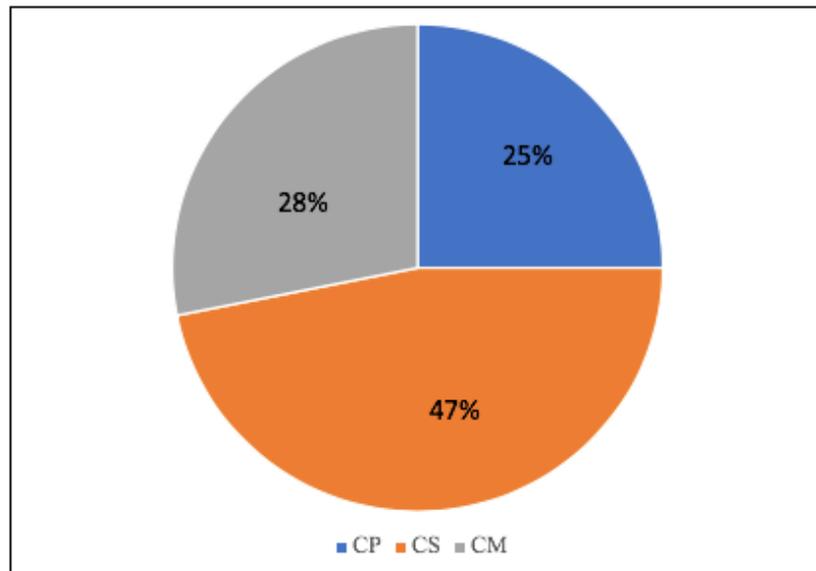


Figura 5.11 – Comentários classificados no GP

Ao observar os percentuais apresentados na Figura 5.11, do grupo GP, nota-se que a categoria CS apresenta um percentual 47% de comentários, mostrando que a maioria dos alunos entendem que a atividade complementar auxilia o ensino tradicional. 28% dos alunos entendem que a atividade complementar é motivadora, fazendo com que eles apreciem mais a disciplina. E 25% dos alunos entendem que a atividade complementar é uma forma de treinamento.

Dos 32 comentários feitos pelos alunos apenas 9 deles estavam relacionados ao grupo GCC, relativo à sugestão de aprimoramento da atividade, distribuídos em CA, CE, CMC E CD, como pode ser visto na Figura 5.12.

Analisando as categorias do GCC, apenas um comentário foi classificado como CA, isto é, um aluno mencionou a respeito do barulho e movimentação no ambiente físico utilizado para a atividade complementar. E apenas um comentário foi identificado na CE, ou seja, apenas um aluno relatou ter dificuldade com o equipamento de realidade virtual.

Verificou-se, na categoria CMC o maior número de comentários, com quatro alunos sugerindo mudanças no modelo computacional desenvolvido para a atividade complementar.

Na categoria CD foram classificados três comentários, isto é, três alunos consideram o tempo estipulado para a atividade complementar insuficiente.

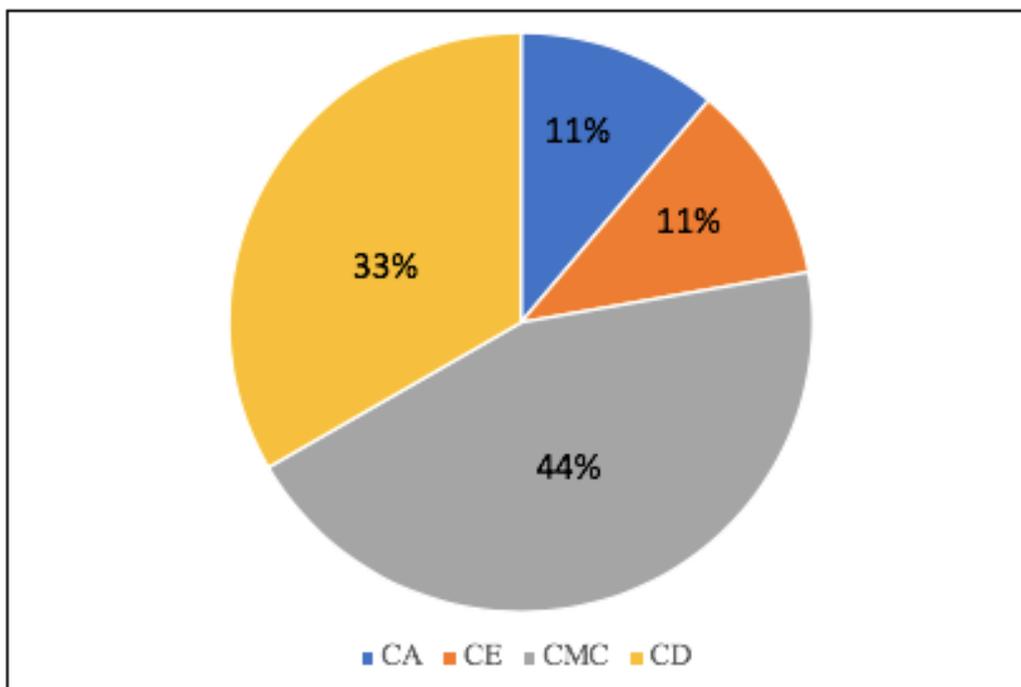


Figura 5.12 – Comentários classificados no GCC

Ao observar os percentuais apresentados na Figura 5.12, do Grupo GCC, nota-se que a categoria CMC apresenta o maior percentual de comentários, sendo que 50% das sugestões feitas pelos alunos referem-se ao cronometro virtual; 25% referem-se ao uso de efeitos de áudio no modelo; e os outros 25% referem-se à utilização de um instrutor virtual no modelo. Já a CD apresenta um percentual de 33% dos comentários do grupo GCC, enquanto as categorias CA e CE apresentam um percentual de 11% cada uma.

Sendo assim, uma importante informação que pode ser demonstrada é que, dos 32 comentários feitos pelos alunos, todos aprovaram o uso de simulação e realidade virtual. Não foi apresentado nenhum ponto de vista negativo, discordando do uso de ABS no ensino.

O percentual de comentários dos alunos que apresentaram uma oposição ou restrição é de apenas 28%, não sendo considerados negativo, pois esses comentários recomendavam algumas alterações para melhorar a atividade complementar.

5.3.2 Questionário respondido após a atividade avaliativa

Após a atividade avaliativa todos os alunos foram convidados a responder um

questionário com o intuito de analisar a experiência do aluno na Fase III do experimento. O questionário desenvolvido é composto por 7 itens, como pode ser visualizado no Quadro 5.3. Foram utilizados cinco níveis de resposta (*Escala Likert*) no qual os respondentes escolhem a opção que melhor representa sua preferência:

- 1. Discordo fortemente;
- 2. Discordo;
- 3. Nem concordo nem discordo;
- 4. Concordo;
- 5. Concordo fortemente.

Quadro 5.3 – Questionário pós atividade avaliativa

1. Utilizar os conceitos dados em sala de aula para participar da atividade foi fácil.
2. Não tive nenhuma dificuldade para participar da atividade proposta.
3. Senti que tinha habilidades e conhecimentos necessários para executar os procedimentos necessários em um ambiente real.
4. Utilizar simulação com realidade virtual para imitar uma linha de montagem ajudou no aprendizado e entendimento do conteúdo dado em sala de aula.
5. Utilizar simulação com realidade virtual para aprender sobre cronometragem foram úteis e eficazes para a realização da segunda atividade.
6. Tive segurança para participar da segunda atividade.
7. Estou confiante de que tenho habilidades e conhecimentos necessários a partir da simulação para executar os procedimentos em um ambiente real.

5.3.2.1 Análise do Alfa de Cronbach

Primeiramente foi realizada a análise do alfa de Cronbach, para medir a confiabilidade interna do questionário. Na seção 5.3.1.1, encontra-se a explicação desta análise, a classificação da confiabilidade do questionário conforme o valor α , e os valores mínimo e máximos aceitáveis.

O alfa encontrado para o questionário aplicado para o grupo experimental foi de 0,7224. Portanto, o questionário, aplicado após a atividade avaliativa para o grupo

experimental, possui confiabilidade moderada para realização das análises, conforme os limites satisfatórios.

Já o questionário aplicado para o grupo controle, que não participou da atividade complementar com simulação e realidade virtual, os itens de 1 a 3 estão relacionados a atividade avaliativa enquanto os itens de 4 a 7 são hipotéticos. No questionário aplicado para o grupo controle há uma pequena diferença nas afirmativas em relação ao questionário aplicado para o grupo experimental.

Portanto, foi calculado o valor de alfa de Cronbach para o questionário aplicado para o grupo controle. O alfa encontrado para o questionário aplicado foi de 0,6705. Em vista disso, o questionário aplicado para da Turma 1, grupo controle, apresentou uma confiabilidade interna abaixo dos limites aceitáveis de 0,70 e 0,90.

Deste modo, foram utilizadas as estatísticas de itens omitidos, que demonstram valores α se uma determinada questão não for incluída na análise. De acordo com a Tabela 5.8, a exclusão da análise do item 7 do questionário apresenta um novo valor α o questionário de 0,7041, conforme os limites aceitáveis.

Tabela 5.8 -Estatísticas de itens omitidos – grupo controle.

Itens omitidos	Alfa de Cronbach
1	0,5608
2	0,6529
3	0,6568
4	0,5608
5	06337
6	0,6445
7	0,7041

Fonte: Adaptado do *Software Minitab*®

Sendo assim, foram analisados 6 itens do questionário aplicado para o Grupo Controle, como pode ser visto no Quadro 5.4.

Quadro 5.4 - Questionário pós atividade avaliativa – Grupo Controle

1. Utilizar os conceitos dados em sala de aula para participar da atividade foi fácil.
2. Não tive nenhuma dificuldade para participar da atividade proposta.
3. Senti que tinha habilidades e conhecimentos necessários para executar os procedimentos necessários em um ambiente real.
4. Utilizar simulação com realidade virtual para imitar uma linha de montagem ajudou no aprendizado e entendimento do conteúdo dado em sala de aula.
5. Utilizar simulação com realidade virtual para aprender sobre cronometragem foram úteis e eficazes para a realização da segunda atividade.
6. Tive segurança para participar da segunda atividade.
7. Estou confiante de que tenho habilidades e conhecimentos necessários a partir da simulação para executar os procedimentos em um ambiente real.

5.3.2.2 Resultados e análise do questionário pós atividade avaliativa

O questionário foi respondido pelos 40 alunos da Turma 2, grupo experimental, e 33 alunos da Turma 1, grupo controle. O questionário tinha o objetivo de medir a experiência do aluno, quanto a dificuldade da atividade avaliativa e a autoconfiança de cada um.

A resposta esperada para cada item é obter nota maior que três, pois indicam a aceitação da afirmação feita, ou seja, demonstram que os alunos concordaram com o que foi analisado. Enquanto notas menores que três significariam a rejeição da afirmativa pelos respondentes.

Foi utilizado o teste *1-Sample Wilcoxon* para analisar as respostas dos questionários aplicados para o Grupo experimental e para o Grupo controle. Assim, considera-se as seguintes hipóteses para a mediana (η):

$$H_0: \eta < 3$$

$$H_1: \eta > 3$$

Analisando o *p-value* de cada questão respondida pelo grupo experimental, de acordo com a Tabela 5.9, afirma-se, com 95% de confiança, que há evidências para rejeitar a hipótese nula e informar que a mediana das respostas é maior que três. Demonstrando que os alunos do grupo experimental concordaram com as afirmações.

Tabela 5.9 – Análise Questionário – Grupo Experimental

Item	Respondentes	<i>P-value</i>	Mediana
1	40	0,000	4,500
2	40	0,000	4,000
3	40	0,000	4,000
4	40	0,000	4,500
5	40	0,000	4,500
6	40	0,000	4,500
7	40	0,000	4,500

Fonte: Adaptado *Software Minitab*®

Para o grupo controle, os *p-values* encontrados para as questões respondidas são menores que 0,05 o que confirma que os alunos concordam com as afirmativas, de acordo com a Tabela 5.10. Apenas o item 3 do questionário apresenta um *p-value* maior do que 0,05. Assim sendo, não há evidências para rejeitar a hipótese nula e dizer que a mediana das respostas é maior que três.

Tabela 5.10 – Análise Questionário – Grupo Controle

Item	Respondentes	P-value	Mediana
1	33	0,010	3,500
2	33	0,000	4,500
3	33	0,851	3,000
4	33	0,010	3,500
5	33	0,000	4,500
6	33	0,000	4,500

Fonte: Adaptado *Software Minitab*®

A primeira afirmativa do questionário está relacionada aos conhecimentos adquiridos em sala de aula e sua utilização. 92% dos alunos do grupo experimental afirmaram que utilizar os conceitos dados em sala de aula para participar da atividade foi fácil, apenas 8% não concordaram e nem discordaram. Já no grupo controle, cerca de 25% concordaram com a afirmativa, 15% não concordaram e nem discordaram e cerca de 60% discordaram que utilizar os conceitos dados em sala de aula para participar da atividade foi fácil.

A segunda afirmativa está relacionada a participação na atividade. No grupo experimental 85% dos alunos afirmaram que não tiveram nenhuma dificuldade para participar da atividade avaliativa, enquanto 10% não concordaram e nem discordaram e apenas 5% discordaram da afirmativa. Ao passo que no grupo controle cerca de 6% concordaram com a afirmação e 94% discordaram da afirmativa de que não tiveram dificuldade.

A terceira afirmativa está relacionada as habilidades e conhecimentos para realizar cronometragem em um processo real. Cerca de 98% dos alunos do grupo experimental afirmaram que sentiam que tinham habilidades e conhecimentos necessários para proceder em uma situação real. Enquanto, cerca de 27% dos alunos do grupo controle concordaram com a afirmação, 27% não concordaram e nem discordaram e 46% dos alunos discordaram ter habilidade e conhecimento para realizar cronometragem em um processo real.

A quarta afirmativa está relacionada ao uso de simulação para imitar um processo produtivo. 95% dos alunos do grupo experimental concordaram com a afirmação de que utilizar simulação e realidade virtual para mostrar um processo produtivo ajudou no aprendizado e entendimento do conteúdo dado em sala de aula. Já no grupo controle, 64% dos alunos afirmaram que a simulação e realidade virtual utilizados para mostrar um processo produtivo ajudaria no aprendizado, enquanto 15% não concordam e nem discordam e 21% discordam.

A quinta afirmativa está relacionado ao uso da simulação para facilitar a realização da atividade avaliativa. Cerca de 93% dos alunos concordaram que a simulação com realidade virtual foi útil e eficaz para a realização da segunda atividade. Enquanto, no grupo controle 88% dos alunos afirmaram que a simulação seria útil.

A sexta afirmativa está relacionada a autoconfiança. Cerca de 92% dos alunos concordaram que sentiram segurança para participar da atividade avaliativa. Ao passo que, no grupo controle 94% dos alunos opinaram que a simulação daria segurança para participar da atividade avaliativa.

A sétima e última afirmativa está relacionada com habilidades. Cerca de 93% concordaram que estão confiantes de que desenvolveram habilidades e obtiveram os conhecimentos necessários para realizar cronoanálise em um ambiente real com a ajuda da simulação. Enquanto, no grupo controle esta questão foi excluída para que o questionário obtivesse confiabilidade interna.

Com as repostas dos questionários foi possível perceber que os alunos do grupo experimental se sentiram mais confiantes e não tiveram dificuldades para realizar a atividade avaliativa em comparação com o grupo controle. Além de atribuir essa competência e segurança à atividade complementar.

6. Método proposto

6.1. Considerações iniciais

A finalidade desta seção é apresentar um método de condução de Aprendizado Baseado em Simulação imersiva e interativa em Engenharia de Produção (EPR). Espera-se realizar o objetivo específico estabelecido nesta tese, que compreende indicar um procedimento para orientar a utilização de ABS em disciplinas de gestão de EP e com isso permitir um melhor aproveitamento de seu uso. Este método foi desenvolvido a partir da experiência obtida no experimento realizado nesta tese, apoiado na literatura apresentada.

6.2. Método para condução de Aprendizado Baseado em Simulação em Engenharia de Produção

A partir das questões discutidas na seção 2.5, em que foi apresentado uma revisão sistemática da literatura sobre ABS. Foram analisados 26 artigos, em que foi verificado a falta de métodos que possam facilitar e agilizar a utilização do ABS no ensino de engenharia (DAVIDOVITCH *et al.*, 2006; DAVIDOVITCH *et al.*, 2008; YANG *et al.*, 2016). Não havendo uma abordagem clara de como foram conduzidas as disciplinas que utilizaram simulação no ensino.

Nenhum dos artigos estudados apresentam um *framework* com as etapas bem definidas que possa orientar a condução de ABS no ensino de engenharia. Já na área de saúde, com o crescimento do uso de ABS tanto na medicina como na enfermagem (KALDHEIM *et al.*, 2019; BEHRENS *et al.*, 2018) educadores defendem a necessidade de o ABS ser fundamentado em uma estrutura (SHEPERD e BURTON, 2019).

Há algumas estruturas na literatura, como a descrita por Dieckmann (2009) e a descrita por Lioce *et al.* (2013).

Mas então por que desenvolver uma alternativa para a condução do ABS? O propósito é elaborar um método de condução de ABS focado na sua utilização para o ensino de disciplinas de gestão em EPR.

Dessa forma, propõe-se um *framework* para reduzir a distância entre o ABS para saúde e ABS para EPR. O desenvolvimento proposto foi baseado na condução da pesquisa

experimental e na dificuldade de adaptar as fases do ABS descritas, tanto nos artigos selecionados, quanto as descritas na saúde.

Artigos relacionados a área de ensino de engenharia relatam fases para utilização do ABS, porém não há um detalhamento dessas fases e nenhum um consenso, o que pode dificultar a utilização de ABS. Como por exemplo, Angelini e Garcia-Carbonell (2019) citam três etapas utilizadas em seu estudo, descritas como fase de preparação, fase de ação, em que acontece o uso de simulação e fase de feedback, na qual os alunos refletem sobre a simulação e discutem a experiência.

Já Beckmann *et al.* (2015) citam três fases em seu trabalho, relatadas como fase de preparação, em que o software de simulação é apresentado; fase de exploração, na qual acontece o uso da simulação e fase de desempenho, que ocorre a avaliação dos alunos.

Outros trabalhos apresentam a fase inicial ou teoria, fase de simulação e por fim fase de avaliação (CHUNG *et al.*, 2001; FANG *et al.*, 2011) sem especificar cada uma das três etapas.

Alguns autores descrevem as fases de preparação, em que é apresentado a teoria, o cenário e os objetivos; simulação, na qual acontece a exploração da simulação; e fase de reflexão, em que o aluno avalia seu desempenho criando conhecimento e conscientização no aluno (GRANLUND *et al.*, 2000; TVENGE e OGORODNYK, 2018; KE e XU, 2020).

Alguns trabalhos citam a importância de uma introdução sobre o software utilizado antes do início das atividades (DAVIDOVITCH *et al.*, 2006; CORTER *et al.*, 2011; BECKMANN *et al.*, 2015) e outros defendem a etapa feedback após a simulação como sendo o coração do ABS (GRANLUND *et al.*, 2000; TVENGE e OGORODNYK, 2018).

Ao passo que, o método proposto por Dieckmann (2009) apresenta uma estrutura com etapas bem definidas e descritas para condução do ABS na área de saúde. O método é composto por 7 etapas: introdução, instrução sobre o simulador, teoria, explicação do cenário, simulação do cenário, feedback e fim do curso. Já Lioce *et al.* (2013) descreve cinco fases para a condução de ABS na saúde, apresentadas como: objetivos, preparação, simulação, *feedback* e avaliação.

Na etapa introdução é indispensável descrever claramente o objetivo e as metas a serem alcançadas. Os objetivos apresentados são as direções para a exploração da

simulação e fundamentais para verificar se os resultados da experiência com ABS foram alcançados.

Nesta fase foi proposto adicionar a elaboração do roteiro do curso que deverá ser disponibilizado para os alunos, no qual contém informações detalhadas sobre a definição do curso, objetivos, datas importantes, duração das atividades e avaliação. Este roteiro possibilita ao aluno verificar as informações durante todo curso e acompanhar cada etapa.

A próxima etapa é a teoria. De acordo com o experimento conduzido nesta tese, utilizando a simulação como uma atividade complementar, sugere-se a etapa teoria antes da etapa explicação do simulador. Nesta etapa teoria todos os conceitos da disciplina são passados pelo professor ao aluno.

Após a fase de teoria acontece o início do ABS propriamente dito, onde os alunos participam da atividade complementar baseada em simulação e realidade virtual.

Primeiramente acontece a etapa explicação do simulador, na qual os participantes se familiarizam com o simulador, os equipamentos de realidade virtual e o ambiente. Juntamente com esta etapa deve acontecer a etapa explicação do cenário, em que além do participante se adaptar com o simulador e outros equipamentos, também compreende o cenário no qual irá ingressar. Portanto a instrução sobre o simulador e explicação do cenário acontece em uma única fase.

Então segue-se para a etapa de simulação, que corresponde a fase na qual acontece o reforço de aprendizado, em que o modelo computacional é efetivamente utilizado para que o aluno possa navegar e interagir com o sistema a fim de utilizar e enfatizar os conceitos ensinados em sala de aula.

Nesta etapa é inserido um tutor para ser o facilitador para coordenar todos os aspectos da simulação. O tutor orienta e apoia os alunos a compreender e atingir os objetivos da atividade. É importante que o tutor reafirme o propósito da atividade e do cenário, em seguida conceda um tempo para o aluno formular um plano de ação antes de iniciar a atividade.

Assim que a simulação é iniciada o tutor deve relembrar os conceitos dados em sala de aula enquanto o aluno interage com o modelo. Nesta etapa o tutor também submete o aluno a um interrogatório com o intuito de estimular o pensamento crítico do aluno para que ele examine suas escolhas.

Em paralelo com esta etapa foi incluído, o *feedback*, que de acordo com o experimento feito para a tese deve acontecer ao longo da etapa de simulação do cenário, para que o aluno consiga assimilar melhor a teoria e aplicar na prática.

Em seguida acontece a fase avaliativa. Neste estudo foi possível observar que na etapa avaliativa é importante ressaltar o que será avaliado, ou seja, o que será analisado e mensurado, além de indicar a situação na qual o processo será realizado e estabelecer uma forma de quantificar os resultados.

Embora esses critérios já estejam no roteiro estabelecido na etapa de documentação, é importante enfatizar as orientações. Recomenda-se uma segunda etapa de *feedback* após a etapa avaliativa, para que os participantes em ABS possam ter suas experiências adquiridas melhoradas, corrigindo assim possíveis erros e falhas de entendimento dos conceitos ensinados. Além de promover uma autoanálise sobre o conhecimento alcançado e sobre suas atitudes.

O *framework* proposto foi baseado na aplicação do experimento realizado em disciplinas de graduação em EPR e pode ser visualizada na Figura 6.1.

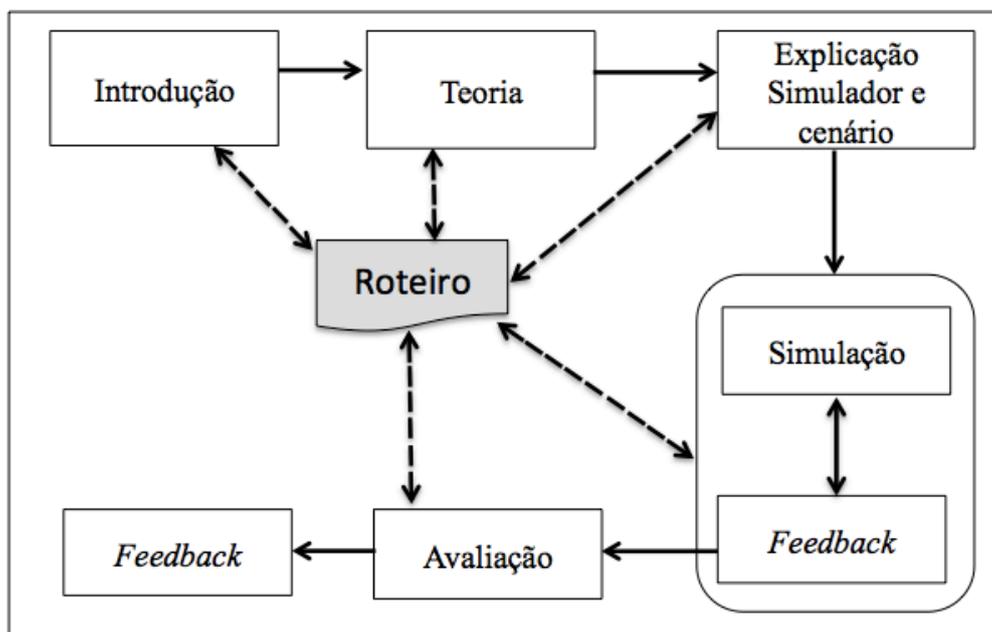


Figura 6.6 - Estrutura proposta para condução de ABS em EPR.

Com o intuito de favorecer a compreensão dos itens relevantes de cada etapa, foi apresentado o Quadro 6.1, no qual é sintetizada a descrição das etapas para guiar a aplicação de ABS em EPR.

Quadro 6.1 - Descrição das etapas de ABS em EPR.

Etapa	Descrição
Introdução	<ul style="list-style-type: none"> - Estabelecer objetivos claros; - Descrever as atividades que os alunos irão participar; - Elaborar roteiro.
Teoria	<ul style="list-style-type: none"> - Preparar os alunos com os conceitos necessários para a participação na atividade de ABS.
Explicação do simulador e do cenário	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitar os alunos para utilizar o simulador; - Familiarizar os alunos com os equipamentos de realidade virtual; - Instruir os alunos sobre o cenário no qual irá ingressar.
Simulação e <i>Feedback</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Introduzir um tutor para coordenar todos os aspectos da simulação; - Reiterar o propósito da atividade e do cenário; - Orientar e apoiar os alunos a compreender e atingir os objetivos da atividade; - Recapitular os conceitos dados em sala de aula enquanto o aluno interage com o modelo; - Submeter o aluno a um interrogatório com o intuito de estimular o pensamento crítico do aluno; - Fornecer feedback aos alunos com relação as ações, comportamentos e escolhas dos alunos durante a simulação.
Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> - Destacar o que será avaliado antes do início da atividade avaliativa; - Determinar a situação em que a avaliação será realizada; - Estabelecer a forma de quantificar os resultados.
<i>Feedback</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar um pensamento reflexivo dos alunos; - Promover nos alunos a autoanálise; - Oferecer comentários positivos; - Possibilitar o entendimento dos erros e falhas para oportunizar a correção.

Portanto, a aprendizagem em ambientes computadorizados determina construção ativa do conhecimento, sendo mais eficaz quando certos aspectos relacionados à estrutura

ou ao conteúdo do domínio da aprendizagem são expostos aos alunos (DE JONG e VAN JOOLINGEN, 1998; NJOO e DE JONG, 1993), explicando a inclusão de um roteiro com todas as informações relevantes ao aluno.

Mecanismos de apoio instrucional são sugeridos para melhorar a eficácia da utilização de ABS, como informações específicas de domínio facilmente acessíveis (LEUTNER *et al.*, 2009), perguntas complementares (FANNING e GABA, 2007), avisos instrutivos (LIN e LEHMAN, 1999), folhas de informações (NJOO e DE JONG, 1993) e atribuições que orientam a investigação (DE JONG e VAN JOOLINGEN, 1998). Justificando assim a utilização de um tutor, já que ABS baseia na descoberta e não na instrução expositiva.

O tutor oferece assistência ao aluno quanto as decisões a serem tomadas durante a simulação, sendo seu uso efetivo em ambientes ABS (GRANLUND *et al.*, 2000; WOOD *et al.*, 2009).

A aprendizagem decorre da junção da experiência e da reflexão (DECKER *et al.*, 2013). Reflexão pode ser definida, segundo Lioce *et al.* (2013), como a ponderação do sentido e consequência de uma ação, que compreende a absorção de conhecimentos, aptidão e comportamento.

O pensamento reflexivo requer o envolvimento em uma experiência e comentários de um tutor (DECKER *et al.*, 2013). Sendo assim, para que haja um pensamento reflexivo e com isso melhor assimilação do aprendizado, é defendido o *feedback*.

A etapa *feedback* é indicada como uma das etapas mais importantes do ABS, pois promove a aquisição de conhecimento. Alguns autores adotam o uso do *feedback* após a atividade simulação (ANGELINI e GARCIA-CARBONELL, 2019; TVENGE e OGORODNYK, 2018; BECKMANN *et al.*, 2015). Já GRANLUND *et al.* (2000) defendem o *feedback* durante a atividade de simulação.

Dada a relevância do *feedback* no ABS para consolidar o conhecimento e a habilidade adquirida pelos alunos (RYOO e HA, 2015), é fundamentada que a etapa de simulação seja acompanhada do *feedback*. Assim como, haja uma etapa final de *feedback* após a atividade avaliativa para que os alunos percebam suas escolhas, sejam elas adequadas ou equivocadas, permitindo a correção de erros.

Portanto, a estrutura de condução de ABS no ensino de EPR foi proposto apoiado na literatura e a partir de como o experimento foi conduzido no ensino de cronoanálise, com o intuito de melhorar a condução de ABS em disciplinas de gestão da engenharia de produção.

7. Conclusões

O ensino de Engenharia está em constante transformação e com o intuito de garantir que a formação do engenheiro esteja de acordo com as demandas atuais e futuras, é fundamental garantir a melhor instrução para que os alunos obtenham aptidões como, habilidade, raciocínio, comunicação e trabalho em equipe. Nesse sentido, são recomendadas o uso de metodologias de aprendizagem ativa.

O Aprendizado Baseado em Simulação (ABS) é uma abordagem de aprendizado ativo que o aluno trabalha ativamente nas atividades de aprendizagem, refletindo sobre suas ações.

Esta tese fundamentou-se nesta linha de pesquisa de aprendizagem ativa, englobando o ABS e realidade virtual no ensino de Engenharia de Produção, com o intuito de investigar a transferência de aprendizado alcançada pelos alunos.

Foi realizado um estudo bibliométrico sobre os temas que integram essa tese, e não foram encontrados artigos relacionados ao uso do ABS interativo e imersivo no ensino de engenharia.

Além disso, foi apresentada uma revisão sistemática sobre ABS no ensino de engenharia. Pôde-se verificar por meio da revisão sistemática de literatura realizada neste tese que a grande maioria dos artigos que utilizavam ABS estavam ligados à área de saúde, cerca de 313 artigos, enquanto apenas 26 artigos estavam relacionados ao uso de ABS na engenharia.

Os trabalhos encontrados estavam relacionados ao uso de ABS como meio principal no ensino substituindo o ensino tradicional, ou para substituir laboratórios, ou ainda utilizaram ABS para dar suporte ao ensino tradicional.

Os principais ganhos mencionados nesses artigos são a melhora do raciocínio do aluno, a tomada de decisão frente a problemas e a facilitação do entendimento da teoria ensinada em sala de aula. Sendo que nenhum deles estava relacionado ao uso de ABS no ensino de engenharia para investigar a transferência do aprendizado, e verificar essa transferência do aprendizado adquirido em sala de aula para uma situação real.

Suplementar a esse *gap* encontrado na literatura, foi observado o fato de que não havia um método de condução para o uso de ABS no ensino de Engenharia de Produção nas pesquisas realizadas para este trabalho.

Estas foram as razões para o desenvolvimento deste trabalho, que focou em investigar se há transferência de aprendizado quando utilizado ABS interativo e imersivo no ensino, ou seja se o aluno utiliza o que aprendeu em sala de aula para realizar uma atividade em um sistema real, além de sugerir um método para a condução de uma disciplina que queira utilizar o Aprendizado Baseado em Simulação no ensino de engenharia.

Para alcançar o objetivo de investigar a transferência de aprendizado, foi selecionado o método de pesquisa experimental. Essa metodologia permite analisar dois grupos, ou seja, duas amostras, a fim de testar uma hipótese.

O desenvolvimento do projeto iniciou com a definição da disciplina na qual seria utilizado o ABS, em seguida foi idealizado o escopo, em que foram levantadas as principais características que o modelo deveria conter.

O modelo desenvolvido foi pensado com o intuito de reproduzir uma linha de produção e suas particularidades, portanto foi incorporado a produção em série, com vários operários especializados em diversas funções específicas e repetitivas, trabalhando em forma sequencial para obter um produto acabado. Além disso, foi inserido ao modelo sistema puxado e empurrado, tempos de processamento diferentes em cada posto a fim de imitar uma situação real, tempo de deslocamento, tempo de ociosidade dos funcionários, sinalização de lotes produzidos.

Para que os alunos pudessem interagir e se sentir em uma linha de produção foi construído um modelo 3D onde os alunos puderam caminhar pela linha de produção, visualizar os detalhes da produção e ainda cronometrar os tempos utilizando um cronometro virtual acionado e parado por um comando no equipamento luva.

Para isso, foi feita engenharia reversa de um dos exemplos fornecidos pela *FlexSim*[®] que faz uso de interação do usuário com o modelo, para entender os princípios e o funcionamento da interação no software *FlexSim*[®] e desenvolver o modelo utilizado neste trabalho.

Sendo assim, é possível utilizar os códigos dos modelos demonstrativos do *FlexSim*[®], assim como o código desenvolvido para o modelo deste trabalho para replicar em outros modelos com diferentes finalidades e diferentes interações.

Após desenvolver o modelo computacional, utilizado na atividade complementar, foi iniciado o experimento. O grupo controle recebeu o tratamento convencional, ou seja, não sofreu nenhuma intervenção, a fim de servir como referência padrão às variáveis a que se submete o grupo experimental.

Ao longo do experimento, os alunos do grupo experimental e do grupo controle receberam o mesmo conteúdo, com uma carga horária de 48 horas, sendo 8 horas destinadas ao ensino da cronoanálise.

Os participantes do grupo experimental receberam uma atividade complementar apoiada em simulação e realidade virtual para reforçar o aprendizado, com uma carga horária de 0,5 hora. Em seguida, os dois grupos passaram pela mesma atividade avaliativa com o intuito de verificar se os ensinamentos dados em sala de aula pelo professor e tutor foram utilizados corretamente para a execução da atividade avaliativa.

De acordo com a teoria dada em sala de aula foram estipuladas as ações importantes para a realização adequada da cronoanálise, estabelecidas aquelas de maior relevância e atribuído pesos relativos. Com isso os alunos foram avaliados e pontuados de acordo com as instruções dadas em sala de aula e transferidas para situação real.

Para verificar a transferência de aprendizado foram feitas análises qualitativas e quantitativas utilizando a filmagem da avaliação para verificar os comportamentos dos alunos, o relatório entregue pelo aluno para comparar os dados coletados com os dados reais através de um teste estatístico, e as respostas dos questionários respondidos após as atividades complementar e avaliativa.

Foram avaliados cinco critérios estabelecidos antes do início da atividade avaliativa. Os alunos do grupo experimental obtiveram avaliações melhores que os alunos do grupo controle em todos os quesitos.

Os alunos do grupo experimental obtiveram uma carga horária de 8,5 horas no ensino de cronoanálise, enquanto os alunos do grupo controle obtiveram uma carga horária de 8 horas. Embora o grupo experimental tenha tido apenas 6,25% a mais de carga horária que o grupo controle, na pontuação final, a média das notas do grupo experimental é 178%

maior que a média das notas do grupo controle. Ao analisar a maior nota do grupo experimental em relação a maior nota do grupo controle, o grupo experimental apresenta uma nota 26% maior.

Vale ressaltar que o grupo experimental e o grupo controle foram definidos para o experimento após a matrícula na disciplina. No momento da matrícula cada aluno escolhe se irá participar da primeira ou segunda turma. A escolha da turma é prioritária para alunos com maior Índice de Rendimento Acadêmico, formando a primeira turma por alunos de maior IRA.

Portanto, foi definido o grupo experimental composto por alunos da segunda turma com Índice de Rendimento Acadêmico (IRA) entre 5,78 e 6,60. E o grupo controle composto por alunos com IRA entre 6,62 e 8,37. Esta definição foi feita para que os alunos com maior desempenho não obtivessem ainda a vantagem da atividade complementar.

Portanto, aqueles alunos que participaram da atividade complementar com simulação e realidade virtual se saíram melhor na situação real, e foram capazes de utilizar todos os conceitos de forma adequada, e entregar os relatórios com as informações essenciais e corretas. Mostrando que um pequeno aumento na carga horária utilizando um método ativo de ensino acarretou uma melhora das notas dos alunos, assim como no entendimento dos conceitos.

Para medir a satisfação dos alunos com a atividade complementar e com a atividade avaliativa foram elaborados questionários. Assim, foram obtidas 40 respostas para o questionário de satisfação e 73 respostas para o questionário do desempenho da avaliação.

Inicialmente, foram realizados os testes de Alpha de Cronbach, para medir a confiabilidade interna dos questionários, e pode-se verificar que os questionários obtiveram um valor para o coeficiente superior a 0,70, provando que está medindo os objetivos para os quais foi proposto.

Com a análise dos dados do questionário de satisfação com a atividade complementar, percebeu-se que os alunos do grupo experimental acharam a atividade interessante, além de proporcionar mais clareza no entendimento dos conceitos e confiança. Visto que, após a utilização do teste *1- Sample Wilcoxon*, no qual foi comparado as respostas com um *target* pré-estabelecido, que foi maior que 3. Os resultados do teste demonstraram que todos os itens tiveram média maior que 3, exceto o item 13, no qual a

resposta que comprovasse a aceitação do ABS seria menor que 3, mostrando através do teste que a média foi inferior a 3.

Com relação aos comentários feitos pelos alunos que participaram da atividade complementar, foi realizado uma análise de conteúdo a fim de verificar numericamente a frequência da ocorrência de determinados termos utilizados no texto dos alunos.

Os 32 comentários feitos pelos alunos foram separados em comentários positivos e comentários com críticas construtivas. Esses grupos foram categorizados em prática, suporte, motivação, agente externo, equipamento, modelo e duração a atividade.

De acordo com a categorização foi possível perceber que 47% dos alunos qualificaram a atividade complementar como suporte para o ensino tradicional, facilitando o entendimento dos conceitos ensinados em sala de aula. A atividade complementar foi caracterizada como motivadora por 28% dos alunos, aumentando o interesse dos alunos pela disciplina. E 25% dos alunos consideraram a atividade complementar como forma de treinamento, melhorando suas habilidades e conhecimentos.

Com relação as críticas construtivas, notou-se que a maioria dos comentários estavam relacionados ao modelo de simulação desenvolvido para o ensino. Com 44% dos comentários, em que os alunos sugeriam alguma melhoria ou relacionada ao cronômetro virtual, ou instrutor virtual ou inserção de áudio.

A categoria duração da atividade apresentou 33% dos comentários, em que os alunos afirmam que gostariam que a atividade complementar tivesse sua duração estendida.

As outras categorias, agente externo e equipamento obtiveram apenas um comentário cada uma, não sendo significativas.

Com relação ao questionário respondido pelo grupo experimental após a atividade avaliativa, em que o objetivo era medir a experiência do aluno com a avaliação, foram obtidas 40 respostas, em que os participantes afirmaram que não tiveram dificuldade em participar da atividade avaliativa, além de estarem confiantes devido à participação na atividade complementar.

Os respondentes ressaltaram que a principal contribuição está na questão de que os alunos podem entender melhor os conceitos, tirar as dúvidas que aparecem quando estão realizando a cronoanálise, além de adquirir prática. Já, com relação ao questionário respondido pelo grupo controle, após a atividade avaliativa, foram obtidas 33 respostas, em

que os participantes afirmaram ter dificuldade em utilizar os conceitos em uma situação real, e não sentiram confiança nas suas ações para realizar a atividade. Demonstrando que os alunos do grupo experimental estavam mais bem preparados e se sentiram mais confiantes do que os alunos do grupo controle.

Com o desenvolvimento desse experimento foi possível propor um método para utilização de ABS no ensino de Engenharia de Produção em disciplinas de gestão. O método foi criado para atender os alunos de engenharia envolvidos no experimento. O detalhamento das etapas permitiu um melhor entendimento do uso de ABS, assim como, tornou a experiência dos alunos mais produtiva.

Outra vantagem observada no método foi a utilização de um roteiro que poderia ser verificado a qualquer momento da disciplina, assim os alunos poderiam verificar qual seria a próxima etapa da disciplina e programar seu tempo para as atividades subsequentes, assim não haveria problemas com outras disciplinas e atividades do curso de graduação.

Tal constatação foi obtida quando após a aula de introdução alguns alunos questionaram o andamento da disciplina e lhes foi informado que o documento Roteiro estaria disponível no SIGAA para todos os alunos por todo o semestre, com isso não surgiram outras dúvidas posteriores.

Já a etapa Teoria acontece antes de instruir os alunos sobre o simulador, visto que o simulador nem sempre estará disponível no mesmo ambiente onde acontecem as aulas. Deste modo, o aluno assimila os conceitos da disciplina antes de participar da atividade complementar.

Sendo assim, o professor pode ministrar suas aulas normalmente, enquanto os alunos se organizam para participar das atividades seguintes conforme a agenda de cada um.

No método proposto, foi considerado paralelizar as etapas simulação e *feedback*. Esta sugestão foi pensada quando o tutor acompanhou os primeiros alunos na atividade complementar.

Enquanto o tutor incentivava o aluno a explorar o modelo, relembra os conceitos dados em sala de aula, os questionava e em seguida fornecia um retorno ao aluno, este conseguia realizar as atividades com confiança, melhorando seu aprendizado.

Outra etapa de *feedback* foi incluída no método após a avaliação. A necessidade da inclusão desta etapa foi constatada após a atividade avaliativa. Visto que alguns alunos que obtiveram notas mais baixas procuraram o tutor para entender o que fizeram de errado e perceber o que poderia ser melhorado.

Desta forma, com a elaboração de uma metodologia mais adequada ao uso de ABS no ensino de Engenharia de Produção, aceita-se como concluído esse objetivo específico proposto no trabalho.

Considerando o desenvolvimento deste trabalho, os fundamentos e aspectos relacionados com o tema ABS e realidade virtual, as principais instruções apontadas são: o uso ABS com realidade virtual capacita melhor os alunos, para tanto é preciso planejar a disciplina e criar um roteiro desde o início para que haja um melhor aproveitamento; os objetivos do modelo devem estar alinhados com os objetivos da disciplina; o apoio de tutores no reforço de aprendizado auxilia a absorção e transferência do aprendizado.

A simulação mostrou-se como uma ferramenta valiosa para o ensino, pois permite a visualização e entendimento do processo como um todo, além de possibilitar a capacitação dos participantes, e de permitir análises das mudanças feitas no sistema com a apresentação dos resultados. A utilização da realidade virtual auxiliou nesse processo, pois o seu uso possui a característica de imersão e interação com sistema melhorando o engajamento dos participantes.

Portanto, verificou-se que a utilização da metodologia ativa ABS com realidade virtual utilizada no ensino de EPR desenvolveu algumas competências e habilidades discutidas na seção 2.1. De acordo com os resultados obtidos percebeu-se que os alunos do grupo experimental demonstraram maior conhecimento para a resolução da atividade, desempenharam melhor trabalho em equipe, exploraram melhor a comunicação oral e escrita conforme mostrado no relatório entregue para avaliação.

Deste modo, pode-se concluir que utilizar ABS com realidade virtual para melhorar a transferência de aprendizado é útil, já que trouxe benefícios para os alunos, como engajamento e melhores resultados. Por fim, o trabalho apresentou uma nova proposta de condução de ABS no ensino de engenharia, contribuindo tanto para o melhor gerenciamento da disciplina, como para a orientação do aluno na mesma. Enfim, o uso de ABS e realidade virtual no ensino possui vantagens em relação ao método de ensino

tradicional, pois ele consegue agregar teoria à prática, melhorando a transferência do aprendizado adquirido em sala de aula, preparando os alunos para situações reais.

7.3 Sugestões para trabalhos futuros

Para um entendimento mais abrangente do uso do Aprendizado Baseado em Simulação no ensino de engenharia, recomenda-se:

- A utilização do ambiente virtual desenvolvido para ensino em outra turma de engenharia de produção na mesma disciplina para avaliar o ganho do aprendizado;
- Já que o ABS foi conduzido em uma disciplina do quarto ano de engenharia de produção, poderiam ser feitas novos estudos em disciplinas dos primeiros anos para verificar a efetividade do aprendizado em alunos dos primeiros períodos do curso;
- Uso da metodologia proposta para condução de ABS em outras disciplinas de engenharia de produção, a fim de validá-la, e verificar se a nova proposta atende diferentes disciplinas dentro da engenharia;
- Investigar o uso do ABS no treinamento de profissionais em ambientes empresariais e seus ganhos;
- Pesquisas futuras podem considerar os aspectos pessoais dos alunos para entender a motivação e interesse dos alunos com a utilização de ABS.

Apêndice A – Código para interação no modelo de simulação

```
1
2
3 treenode view = param(1);
4
5 if (getvarnum(view, "vrmode")) {
6     set(viewpointx(view), 0);
7     set(viewpointy(view), 0);
8     set(viewpointradius(view), 1.74);
9 }
10
11 double currentTime = time();
12 double deltaTime = currentTime - LastUpdateTime;
13 LastUpdateTime = currentTime;
14 if (!getrunstate() && deltaTime == 0) {
15     deltaTime = 1 / 90;
16 }
17
18 // handle vr touch input for the model
19 Array handPositions = [];
20 Array handWorldPositions = [];
21 Array handIndexes = [];
22 for (int i = 0; i <= 1; i++) {
23     if (stick(i, STICK_VR_STATUS)) {
24         handPositions.push(getHandCollisionSphere(i));
25         handWorldPositions.push(getHandGripPosition(i));
26         handIndexes.push(i);
27     }
28 }
29
30 for(int i = Table("Tempos").numRows + 1; i <= CurrentTimeIndex; i++) {
31     Table("Tempos").addRow();
32     Table("Tempos").setRowHeader(i, "Tempo " + numtostring(i));
33 }
34
35 for(int i = Table("Tempos").numCols + 1; i <= CurrentGroupIndex; i++) {
36     Table("Tempos").addCol();
37     Table("Tempos").setColHeader(i, "Grupo " + numtostring(i));
38 }
39
40 if(TimerOn) {
41     TimerTime = currentTime - TimerStart;
42 }
43
```

```

44 for (int i = 1; i <= handIndexes.length; i++) {
45     if(WaitForButtonRelease) {
46         if(!stick(i, STICK_VR_BUTTON_1) && !stick(i,
47             STICK_VR_BUTTON_2)) {
48             WaitForButtonRelease = 0;
49         }
50     } else {
51         if(stick(i, STICK_VR_BUTTON_1)) {
52             WaitForButtonRelease = 1;
53             if(!TimerOn) {
54                 TimerOn = 1;
55                 TimerStart = currentTime;
56                 pr();pt("Start");
57             } else {
58                 Table("Tempos").cell(CurrentTimeIndex++,CurrentGroupIndex).value =
59                 getTimerStr();
60                 TimerStart = currentTime;
61                 pr();pf(currentTime);
62             }
63         }
64         if(stick(i, STICK_VR_BUTTON_2) && TimerOn) {
65             WaitForButtonRelease = 1;
66             TimerOn = 0;
67             CurrentGroupIndex++;
68             CurrentTimeIndex = 1;
69             pr();pt("Reset");
70         }
71     }
72 }
73

```

Apêndice B - Termo de Consentimento da pesquisa

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário, do projeto de pesquisa intitulado Aprendizado Baseado em Simulação e realidade virtual: uma investigação sobre a transferência de aprendizagem, de responsabilidade da pesquisadora Fernanda Rocha, aluna do Programa de Doutorado da Pós-Graduação em Engenharia da Produção da Universidade Federal de Itajubá, com supervisão e orientação do Professor Dr. José Arnaldo Barra Montevechi.

Leia cuidadosamente o que segue e me pergunte sobre qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso aceite fazer parte do estudo, assinie ao final deste documento, que consta em duas vias. Uma via pertence a você e a outra ao pesquisador responsável. Em caso de recusa você não sofrerá nenhuma penalidade.

Declaro ter sido esclarecido sobre os seguintes pontos:

1. O trabalho tem por objetivo investigar Aprendizado Baseado em Simulação e realidade virtual.
2. Sua participação envolve a coleta dos dados que irão guiar este trabalho, relacionando aspectos sobre sua experiência pessoal com os temas de Simulação a Eventos Discretos e ensino.
3. Para que este objetivo seja atingido, serão utilizados alguns meios de coleta de dados, como questionário, observação do participante e atividade avaliativa.
4. Não terei nenhuma despesa ao participar da pesquisa e poderei deixar de participar ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e não sofrerei qualquer prejuízo.
5. A participação nesse estudo é livre e voluntária. Todas as informações coletadas neste estudo são confidenciais. Somente a pesquisadora e o orientador terão conhecimento dos dados. Na publicação dos resultados gerais desta pesquisa, sua identidade será mantida em sigilo.
6. Fui informado que os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente, para fins desta pesquisa, e que os resultados poderão ser publicados.
7. Quaisquer dúvidas relativas à pesquisa poderão ser esclarecidas pela pesquisadora deste trabalho: e-mail: fernandarocha@unifei.edu.br ou pelo Professor Orientador da pesquisa: e-mail: montevechi@unifei.edu.br

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem.^[L]_[SEP]
Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa. Autorizo a realização da pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Nome e assinatura do Participante da Pesquisa

Apêndice C – Análise dos tempos coletados pelos alunos

Aluno	Grupo	Posto	Teste	Tipo	P-value	Tempos coletados
1	Controle	1	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,063	Correto
2	Controle	2	Paired-t	Paramétrico	0,228	Correto
3	Controle	3	Paired-t	Paramétrico	0,373	Correto
4	Controle	4	Paired-t	Paramétrico	0,127	Correto
5	Controle	5	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,000	Incorreto
6	Controle	1	Paired-t	Paramétrico	0,393	Correto
7	Controle	2	Paired-t	Paramétrico	0,850	Correto
8	Controle	3	Paired-t	Paramétrico	0,060	Correto
9	Controle	4	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,000	Incorreto
10	Controle	5	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,798	Correto
11	Controle	1	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,476	Correto
12	Controle	2	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,743	Correto
13	Controle	3	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,000	Incorreto
14	Controle	4	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,328	Correto
15	Controle	5	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,018	Incorreto
16	Controle	1	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,621	Correto
17	Controle	2	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,916	Correto
18	Controle	3	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,758	Correto
19	Controle	4	Paired-t	Paramétrico	0,000	Incorreto
20	Controle	5	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,044	Incorreto
21	Controle	1	Paired-t	Paramétrico	0,379	Correto
22	Controle	2	Paired-t	Paramétrico	0,857	Correto
23	Controle	3	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,003	Incorreto
24	Controle	4	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,0001	Incorreto
25	Controle	5	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,2342	Correto
26	Controle	1	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,791	Correto
27	Controle	2	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,148	Correto
28	Controle	3	Paired-t	Paramétrico	0,000	Incorreto
29	Controle	4	Paired-t	Paramétrico	0,675	Correto
30	Controle	1	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,0423	Incorreto
31	Controle	2	Paired-t	Paramétrico	0,688	Correto
32	Controle	3	Paired-t	Paramétrico	0,078	Correto
33	Controle	4	Paired-t	Paramétrico	0,000	Incorreto
34	Experimental	1	Paired-t	Paramétrico	0,253	Correto
35	Experimental	2	Paired-t	Paramétrico	0,636	Correto
36	Experimental	3	Paired-t	Paramétrico	0,330	Correto
37	Experimental	4	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,154	Correto
38	Experimental	5	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,703	Correto
39	Experimental	1	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,775	Correto
40	Experimental	2	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,310	Correto
41	Experimental	3	Paired-t	Paramétrico	0,990	Correto
42	Experimental	4	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,503	Correto
43	Experimental	5	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,476	Correto
44	Experimental	1	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,614	Correto
45	Experimental	2	Paired-t	Paramétrico	0,36	Correto

Continuação da tabela

Aluno	Grupo	Posto	Teste	Tipo	P-value	Tempos coletados
46	Experimental	1	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,063	Correto
47	Experimental	3	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,509	Correto
48	Experimental	4	Paired-t	Paramétrico	0,064	Correto
49	Experimental	5	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,190	Correto
50	Experimental	1	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,707	Correto
51	Experimental	3	Paired-t	Paramétrico	0,182	Correto
52	Experimental	4	Paired-t	Paramétrico	0,486	Correto
53	Experimental	5	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,986	Correto
54	Experimental	1	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,731	Correto
55	Experimental	2	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,216	Correto
56	Experimental	3	Paired-t	Paramétrico	0,080	Correto
57	Experimental	4	Paired-t	Paramétrico	0,712	Correto
58	Experimental	5	Kruskal-wallis	Não paramétrico	1,000	Correto
59	Experimental	1	Paired-t	Paramétrico	0,170	Correto
60	Experimental	2	Paired-t	Paramétrico	0,410	Correto
61	Experimental	3	Paired-t	Paramétrico	0,915	Correto
62	Experimental	4	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,500	Correto
63	Experimental	5	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,904	Correto
64	Experimental	1	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,782	Correto
65	Experimental	2	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,712	Correto
66	Experimental	3	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,584	Correto
67	Experimental	4	Paired-t	Paramétrico	0,149	Correto
68	Experimental	5	Paired-t	Paramétrico	0,847	Correto
69	Experimental	1	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,688	Correto
70	Experimental	2	Paired-t	Paramétrico	0,410	Correto
71	Experimental	3	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,777	Correto
72	Experimental	4	Paired-t	Paramétrico	0,415	Correto
73	Experimental	5	Kruskal-wallis	Não paramétrico	0,566	Correto

Apêndice D – Nota final dos alunos

Aluno	Grupo	C1	C2	C3	C4	C5	Nota final
1	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
2	Controle	0	0	0	0	0	0,00
3	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
4	Experimental	1	1	0	1	0	6,78
5	Experimental	1	1	0	1	0	6,78
6	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
7	Controle	0	0	1	0	1	3,22
8	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
9	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
10	Controle	1	0	1	0	1	6,00
11	Controle	1	0	1	0	1	6,00
12	Controle	1	0	0	1	0	4,67
13	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
14	Controle	0	0	0	0	0	0,00
15	Controle	1	0	1	1	1	7,89
16	Experimental	1	1	1	1	0	8,78
17	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
18	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
19	Controle	1	0	0	0	1	1,22
20	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
21	Controle	1	0	1	0	1	6,00
22	Controle	1	0	0	0	0	2,78
23	Controle	1	0	0	1	0	4,67
24	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
25	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
26	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
27	Experimental	1	1	1	1	0	8,78
28	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
29	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
30	Controle	1	0	0	0	0	0,00
31	Controle	0	0	1	1	0	3,89
32	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
33	Controle	1	0	1	0	0	2,00
34	Controle	1	0	0	1	0	4,67
35	Controle	1	0	0	1	0	4,67
36	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
37	Controle	1	0	0	0	0	2,78
38	Controle	0	0	1	0	0	2,00
39	Controle	0	0	0	0	0	2,78

Aluno	Grupo	C1	C2	C3	C4	C5	Nota final
40	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
41	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
42	Controle	1	0	0	1	0	4,67
43	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
44	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
45	Controle	1	0	1	0	0	4,78
46	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
47	Controle	0	0	0	0	1	4,00
48	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
49	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
50	Experimental	0	1	0	0	1	6,11
51	Controle	1	0	0	1	0	4,67
52	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
53	Controle	1	0	0	1	0	4,67
54	Controle	1	0	1	0	0	4,78
55	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
56	Controle	0	0	0	0	1	1,22
57	Controle	0	0	0	0	0	0,00
58	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
59	Controle	1	0	0	1	0	4,67
60	Controle	0	0	1	0	0	2,00
61	Controle	0	0	0	1	0	1,89
62	Experimental	1	1	0	1	0	6,78
63	Controle	0	0	0	0	0	2,78
64	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
65	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
66	Controle	1	0	0	1	0	4,67
67	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
68	Controle	1	0	0	0	1	4,00
69	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
70	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
71	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
72	Experimental	1	1	1	1	1	10,00
73	Experimental	1	1	1	1	1	10,00

Apêndice E – Comentários dos alunos sobre a atividade complementar

1	A simulação foi motivadora para entender os conceitos da matéria. Mas a imersão é completa com o áudio.
2	Realmente foi útil e valeu a pena a experiência. Espero que a atividade possa atingir ainda mais alunos, pois com certeza mudaria para melhor a percepção sobre os temas abordados, tornando-os mais interessantes.
3	Achei muito produtivo utilizar a simulação, mas acho que teria maior confiança se a atividade fosse mais longa e o eu pudesse praticar mais.
4	Essa atividade é muito dinâmica e facilitou o aprendizado, mas seria legal se fosse dado mais tempo na atividade pra alcançar os objetivos.
5	Gostaria que outras disciplinas utilizassem essa tecnologia, pois me motivou a aprender mais. Seria melhor não ter outras pessoas conversando no local da atividade.
6	Achei muito útil a experiência pois pude utilizar o que aprendi na prática, mas se for possível colocar o cronometro na mão ficaria mais fácil.
7	Achei muito interessante e motivador, mas deveria ter mais cronômetros dentro do ambiente virtual.
8	Gostei muito da sua iniciativa acredito que essa metodologia de ensino só trará resultados ótimos para nosso aprendizado. Outras matérias deveriam utilizar a realidade virtual no ensino
9	Achei muito interessante utilizar esse tipo de tecnologia para ajudar no aprendizado. Seria interessante se outros assuntos fossem ensinados usando essa tecnologia.
10	Achei a prática muito interessante, pois permite simular o que aconteceria em um processo e como deveria agir.
11	Excelente meio de complementar o ensino de sala de aula. Atividade bastante imersiva e interessante. Realidade virtual deveria ser usada em outras disciplinas.
12	Gostei muito, pois proporciona ver todo o processo de forma fácil e prática, além de ser uma oportunidade de colocar em pratica os conceitos aprendidos em sala.
13	Excelente atividade. Completamente válido e motivador. Me incentivou a dar meu melhor.
14	Achei muito produtiva a atividade. Uma ideia é que as instruções sejam virtuais pelo programa, precisando do instrutor real apenas para tirar dúvidas.
15	Experiência é incrível pelo aprendizado da matéria e pela oportunidade da tecnologia. Mas acredito que por termos pouco contato com realidade virtual e simulação, a experiência seria mais completa se mais vezes for realizada justamente pela tensão da primeira vez.
16	Gostaria de aplicar isso em mais matérias na faculdade pois facilita o aprendizado.
17	Participar da atividade me fez entender os conceitos ensinados, mas foi relativamente difícil aplicar os movimentos do controle.
18	Atividade muito imersiva e interativa, perdi a noção do tempo. Foi ótimo poder praticar.

19	Excelente atividade. Gostaria de ter tido essa oportunidade antes de começar meu estágio, pois a primeira atividade que me mandaram fazer foi cronometrar o tempo do processo e eu fiquei perdida.
20	Atividade muito útil, pois, pude colocar meus conhecimentos em prática
21	Foi excelente. Você aprende em sala de aula e acha fácil, mas quando vai aplicar você percebe a dificuldade. Então foi ótimo poder entender melhor a matéria.
22	Achei a iniciativa muito válida e me fez entender melhor a matéria.
23	A atividade é motivadora, dá vontade de aprender mais e também outras matérias com realidade virtual.
24	Aprender assim foi bem melhor pois você entende melhor os conceitos praticando.
25	Atividade excelente e motivadora. Outras disciplinas deveriam utilizar realidade virtual.
26	Achei muito interessante pois foi possível entender melhor um processo, parecia que eu estava lá.
27	Gostei muito da atividade, achei que complementa o aprendizado. Poderia ser utilizado em outras disciplinas.
28	Atividade dinâmica. Ajudou a entender o que foi explicado em sala de aula.
29	Gostei muito de participar pois pude tirar minhas dúvidas e entender melhor os conceitos.
30	Achei a atividade excelente para saber como fazer em ambiente real.
31	Achei a atividade útil para complementar o ensino de sala de aula.
32	Atividade motivadora, imersiva e muito interessante, pude entender melhor como agir, me incentivando a aprender e fazer corretamente.

Apêndice F – Trabalhos relacionados a essa Tese

Artigo Publicado

1. SOUSA JUNIOR, W. T., MONTEVECHI, J. A. B.; MIRANDA, R. DE C.; **ROCHA, F.**; VILELA, F. F. Economic Lot-Size Using Machine Learning, Parallelism, Metaheuristic and Simulation. *International Journal of Simulation Modelling*, v. 18, p. 205-216, 2019.

Artigos aprovados em congressos

1. Siqueira, L., Santos, C., Queiroz, A., Campos, A., **Rocha, F.**, Maciel, T. Utilização da simulação como ferramenta de auxílio ao ensino de conceitos enxutos em ambientes hospitalares. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa operacional – SBPO – 2019 – Limeira.
2. Gabriel, T., **Rocha, F.**, Maciel, T., Oliveira, M., Montevechi, J. A. B. Quantificando a validação de um modelo de simulação a eventos discretos através do cálculo da cobertura de validação. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa operacional – SBPO – 2019 – Limeira.
3. **Rocha, F.**; Oliveira, S. M; Montevechi, J. A. B.; Pereira, T. F.; Moreno, E. T. Análise da percepção do usuário na utilização da realidade virtual em projetos de simulação In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO, 2018, Maceió. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO, 2018.

Artigos submetidos a periódicos

1. **Rocha, F.**, Montevechi, J. A. B., Maciel, T. C. P, Gabriel, G. T. Aprendizado Baseado em Simulação no ensino de engenharia: uma revisão sistemática da literatura. *Gestão e Produção*. Submetido em 01/02/2020.
2. **Rocha, F.**, Montevechi, J. A. B., Amaral, J. V., Queiroz, J. A., Miranda, R. C. Lean Healthcare: improving the distribution of medicines in a Brazilian hospital. *Engineering Management Journal*. Submetido em 27/08/2019.
3. PEREIRA, T. F.; MIRANDA, R. C.; MONTEVECHI, J. A. B.; **ROCHA, F.** Revisão sistemática sobre gerenciamento de projetos em simulação a eventos discretos utilizando a bibliometria. *Gestão & Produção*. Submetido em: 22/01/2016.
4. ROCHA, F.; SCHEIDEGGER, A. P. G.; MONTEVECHI, J. A. B.; QUEIROZ, J. A.; **PEREIRA, T. F.** Application of Discrete Event Simulation and Value Stream Mapping for improvement of drug distribution system in a hospital. **Decision Support System**. Submetido em: 12/04/2019.

Referências

- ABEL, J.; AVERY, A. (2012). **Operator training simulation - Global market research study**. Boston: ARC Advisory Group.
- AGHA, R.A.; FOWLER, A.J. The role and validity of surgical simulation. **International Surgery**, 100 (2) 350-7.
- AHMED, H. M., SCOBLE, M. J.; DUNBAR, W. S. A Comparison between Offset Herringbone and El Teniente Underground Cave Mining Extraction Layouts using a Discrete Event Simulation Technique. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, v. 30, n. 2, p. 71-91, 2016.
- AL-MOAMERI, H. H., JAF, L. A., SUPPES, G. J. Simulation Approach to Learning Polymer Science. **Journal of Chemical Education**, 95(9), 1554-1561, 2018. DOI: 10.1021/acs.jchemed.8b00236.
- ALDRICH, C. (2005). **Learning by doing: A comprehensive guide to simulations, computer games, and pedagogy in e-learning and other educational experiences**. San Francisco: Pfeiffer.
- ALEXANDER, B.; ASHFORD-ROWE, K.; BARAJAS-MURPHY, N.; DOBBIN, G.; KNOTT, J.; MCCORMACK, M.; POMERANTZ, J., SEILHAMAER, R.; WEBER, N. (2019). **EDUCAUSE Horizon Report: 2019. Higher Education Edition**. Louisville, Co: EDUCAUSE.
- ALI, A.A.; MUSALLAM, E. Debriefing quality evaluation in Nursing simulation-based education: an integrative review. *Clinical Simulation in Nursing*, 16 (2018) 15-24.
- ALLWOOD, J. M., COX, B. M., LATIF, S. S. The Structured Development of Simulation-Based Learning Tools with an Example for the Taguchi Method. **IEEE Transactions on Education**, 44(4), 2001.
- ALMEIDA, R., MAZZO, A., MARTINS, J., BAPTISTA, R., MIRANDA, F., MENDES, I. (2015). Validação para a Língua Portuguesa da Escala Student Satisfaction and Self-Confidence in Learning. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**. 23. 1007-1013. 10.1590/0104-1169.0472.2643.
- ALRABGHI, A.; TIWARI, A. State of the art in simulation-based optimization for maintenance systems. **Computers & Industrial Engineering**, v. 82, p. 167–182, 2015.
- ANGELINI, M. L., GARCIA-CARBONELL, A. Enhancing students' written production in English through flipped lessons and Simulations. **International Journal of Technology in Higher Education**, 16:2, 2019. Doi: 10.1186/s41239-019-0131-8.
- APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência – filosofia e prática da pesquisa**. São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning, 2006.
- AUSUBEL, D. P. The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view. **Springer Science & Business Media**. 2012.
- BAILENSON, J. N., YEE, N., BLASCOVICH, J., BEALL, A. C., LUNDBLAD, N., JIN, M. The Use of Immersive Virtual Reality in the Learning Sciences: Digital

Transformations of Teachers, Students, and Social Context. **The Journal of the Learning Sciences**, 17, 102-141, 2008.

BAINES, T.; HADFIELD, L.; MASON, S.; LADBROOK, J. Using empirical evidence of variations in worker performance to extend the capabilities of discrete event simulations in manufacturing. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, Vol. 2, pp. 1210-1216, 2003.

BALL, K., DOYLE, D., OOCUMMA, N.I. Nursing Shortages in the OR: solutions for new models of education. **AORN J**, 101 (1), 115-136, 2015. DOI: 10.1016/j.aorn.2014.03.015.

BANKS, J.; CARSON II, J.S.; NELSON, B.L. **Discrete-event system simulation**. 4. ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2005.

BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete-event Simulation**. 5th. ed., New Jersey: Prentice-Hall, 2009.

BARDIN, L. (2011). *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70.

BASHAW, M. Integrating simulations into perioperative education for undergraduate nursing students. **AORN J.**, 103 (2), 2016. DOI: 10.1016/j.aorn.2015.12.017.

BEAUBIEN, J.M.; BAKER, D.P. The use of simulation for training teamwork skills in health care: How low can you go? **Qual Safe Health Care**, 12(Suppl 1):151– 6, 2014.

BECKMANN, N.; BECKMANN, J. F., BIRNEY, D. P., WOOD, R. E. A problem shared is learning doubled: Deliberative processing in dyads improves learning in complex dynamic decision-making tasks. **Computers in Human Behavior**, 48, 654-662, 2015.

BEHRENS, C.; DOLMANS, D.; LEPPINK, J.; GORMLEY, G.J.; DRIESSEN, E.W. Ward round simulation in final year medical students: does it promote students learning? **Med Teach**, 40(2):199–204, 2018.

BEIDAS, R. S.; KENDALL, P. C. Training therapists in evidence-based practice: A critical review of studies from a systems-contextual perspective. **Clinical Psychology: Science and Practice**, 17(1),1–30, 2010. DOI:10.1111/j.1468-2850.2009.01187.x.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C., (2002). Modelling and simulation: operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations & Production Management*; 22 (2):241-264.

BLAND, A.J.; TOPPING, A.; WOOD, B. (2011) A concept analysis of simulation as a learning strategy in the education of undergraduate nursing students. *Nurse Educ. Today*, 31(7) 664-670. Doi: 10.1016/j.nedt.2010.10.013

BOJE, R.B.; BLAND, A.; SUTTON, A.; HARTVIGSEN, T.; HANNULA, L.; KOIVISTO, J.M.; RAUSSI-LETO, E.; PRESCOTT, S. (2017) Developing and testing transferability and feasibility of a model for educators using simulation-based learning – A European collaboration. *Nurse Education Today*, V. 58, P.53-58.

BONOMA, T. V. Case research in marketing: Opportunities, problems, and a process. **Journal of Marketing Research**, 22(2), 199-208, 1985.

- BONFIL, G.S.; IBÁÑEZ, M.B., RAMÍREZ, M.P.; FIGUEROA, G.A.; ÁLVAREZ, F.M. Learning analytics for student modeling in virtual reality training systems: Lineworkers case. *Computers & Education*, 151 (2020) 103871.
- BOAHIN, P., HOFMAN, W. H. A. (2014). Perceived effects of competency-based training on the acquisition of professional skills. *International Journal of Educational Development*, 36, 81-89. DOI: 10.1016/j.ijedudev.2013.11.003.
- BOTÍN, A. J.; CAMPBELL, N. A.; GUZMÁN, R. A Discrete-Event Simulation Tool for Real-Time Management of Pre-Production Development Fleets in a Block-Caving Project. ***International Journal of Mining, Reclamation and Environment***, v. 29, n. 5, p. 347-356, 2015.
- BRANSFORD, J. D.; SCHWARTZ, D. L. Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. In A. Iran-Nejad, & P. D. Pearson (Eds.), ***Review of Research in Education***, vol. 24, pp. 61-100, 1999.
- BRASIL. Diário Oficial da União. Resolução nº2, de 24 de abril de 2019, institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: <http://portal.abepro.org.br/wp-content/uploads/2020/05/RESOLU%C3%87%C3%83O-N%C2%BA-2-DE-24-DE-ABRIL-DE-2019-RESOLU%C3%87%C3%83O-N%C2%BA-2-DE-24-DE-ABRIL-DE-2019-DOU-Imprensa-Nacional.pdf>
- BRACQ, M.; MICHINOV, E., ARNALDI, B.; CAILLAUD, B.; GIBAUD, B.; GOURANTON, V.; JANNIN, P. (2019). Learning procedural skills with a virtual reality simulator: An acceptability study. *Nurse Education Today*. 10.1016/j.nedt.2019.05.026.
- BRYMAN, A. *Research methods and organization studies (contemporary social research)*. 1st ed. London: Routledge, 1989.
- BRYMAN, A.; BELL, E. ***Business research methods***. 2a ed., New York: Oxford University Press, 2007.
- CALDER, B. J.; PHILLIPS, L. W.; TYBOUT, A. M. Designing research for application. ***Journal of Consumer Research***, 8(2), 197-207, 1981.
- CANT, R. P.; COOPER, S. J. Simulation based learning in nurse education: Systematic review. ***Journal of Advanced Nursing***, 66(1), 3-15, 2010.
- CARSON II, J. S. Introduction to modeling and simulation. ***Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference***, Washington, p.9-16, 2004.
- CASANOVA, D.; MOREIRA, A. COSTA, N. (2011) Technology Enhanced Learning in Higher Education: results from the design of a quality evaluation framework. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, V.29, P.893-902. DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.11.319
- CHAE, B.; LI, X.; ZHU, R. Judging Product Effectiveness from Perceived Spatial Proximity. ***Journal of Consumer Research***, 40(2), 317-335, 2013.
- CHARNESS, G.; GNEEZY, U.; KUHN, M. A. Experimental methods: Between -subject and within-subject design. ***Journal of Economic Behavior & Organization***, 81(1), 1-8, 2012.

- CHENG, A.; AUERBACH, M.; HUNT, E.; CHANG, T.; PUSIC, M.; NADKARNI, V.; KESSLER, D. Designing and Conducting Simulation-Based Research. **Pediatrics**. 133, 2014. DOI: 10.1542/peds.2013-3267.
- CHUNG, G. K. W. K.; HARMON, T. C.; BAKER, E. L. The Impact of a Simulation-Based Learning Design Project on Student Learning. **IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION**, vol. 44, (4), 390-398, 2001. DOI: 10.1109/13.965789.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. 4 ed. São Paulo: Elsevier, 2010.
- CIOPPA, T.M.; LUCAS, T.W.; SANCHEZ, S.M. Military applications of agent-based simulations. In **Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference**, 1: 180. Washington, DC, 2004.
- COLLIN, K.; PALONIEMI, S.; MECKLIN, J.P. Promoting inter-professional teamwork and learning – The case of a surgical operating theatre. **Journal of Education and Work**, 23(1), 43–63, 2010. DOI:10.1080/13639080903495160.
- COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 7. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- CORTER, J. E.; ESCHE, S. K., CHASSAPIS, C.; MA, J.; NICHERSON, J. V. Process and learning outcomes from remotely operated, simulated, and hands-on student laboratories. **Computers & Education**, 57, 2054-2067, 2011. doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.009.
- COZBY, P. C. **Métodos de Pesquisa em Ciências do Comportamento**. Tradução Paula Inez Cunha Gomide, Emma Otta. São Paulo: Atlas, 2009.
- CRAWLEY, E.F.; MALMQVIST, J.; LUCAS, W.A.; BRODEUR, D.R. (2011). The CDIO Syllabus v2.0: An Updated Statement of Goals for Engineering Education. Proceedings of the 7th International CDIO Conference, Technical University of Denmark, Copenhagen, 2011.
- CRESWELL, J, W. *Projeto de Pesquisa*. Métodos qualitativos, quantitativo e misto. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- CRONBACH, L.J.; SHAVELSON, R.J. (2004). My current thoughts on coefficient alpha and successor procedures. *Educational and Psychological Measurement*, 37 (2004) 827-838.
- CURRAN, I. (2008). Creating effective learning environments—Key educational concepts applied to simulation training. In R. Kyle & B. W. Murray (Eds.), **Clinical simulation: Operations, engineering, and management** (pp. 153-161). Burlington, VT: Academic Press.
- DETTERMAN, D. K. (1996). The case for the prosecution: Transfer as an epiphenomenon. In D. K. Detterman, & R. J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (pp. 1-24). Norwood, NJ: Ablex.
- DAVIDOVITCH L., PARUSH A., SHTUB A. (2006). Simulation-based Learning in Engineering Education: Performance and Transfer in Learning Project Management. **Journal of Engineering Education**, 2006. doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00904.x

- DAVIDOVITCH L., PARUSH A., SHTUB A. (2008) Simulation-based learning: The learning–forgetting–relearning process and impact of learning history. **Computers & Education**, 50, 866-880, 2008. doi.org/10.1016/j.compedu.2006.09.003.
- DAVIDOVITCH, L., A. SHTUB, AND A. PARUSH. Project management simulation-based learning for systems engineering students. In **Proceedings of the International Conference on Systems Engineering and Modelling (ICSEM)**: 17–23. Herzeliya and Haifa, Israel, 2007.
- DAY, T. Undergraduate teaching and learning in physical geography. **Progress in Physical Geography**, 36(3), 305–332, 2012. DOI: 10.1177/0309133312442521.
- DE JONG, T. Computer simulations - Technological advances in inquiry learning. *Science* (New York, N.Y.). 312. 532-3, 2006. DOI: 10.1126/science.1127750.
- DE JONG, T.; VAN JOOLINGEN, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.
- DECKER S., FEY M., SIDERAS S., CABARELLO S., ROCKSTRAW L. R., BOESE T., FRANKLIN A. E., GLOE D., LIOCE L., SANDO C. R., MEAKIM C., BORUM J. C. Standards of Best Practice: Simulation Standard VI: The Debriefing Process. **Clinical Simulation in Nursing**, 2013. DOI: S27-29. 10.1016/j.ecns.2013.04.008.
- DEVELAKI M. Using Computer Simulations for Promoting Model-based Reasoning. **Science & Education**, 26:1001-1027, 2017. DOI: 10.1007/s11191-017-9944-9.
- DIECKMANN, P., GABA, D.; RALL, M. Deepening the theoretical foundations of patient simulation as social practice. **Simulation in Healthcare**, 2(3), 183-193, 2007. DOI:10.1097/SIH.0b013e3180f637f5.
- DIECKMANN, P. Simulation settings for learning in acute medical care. In P. Dieckmann (Ed.). **Using simulations for Education, Training and Research** (pp. 40-138). Lengerich, Germany: Pabst, 2009.
- DONNELLY, P.; FRAWLEY, T. Active learning in mental health nursing – use of the Greek chorus, dialogic knowing and dramatic methods in a university setting, v 45, 2020.
- DORNEICH M. C., JONES P. M. The UIUC Virtual Spectrometer: A Java-Based Collaborative Learning Environment. *Journal of Engineering Education*, 90(4), 2001. Doi 10.1002/j.2168-9830.2001.tb00663.x.
- EPPICH, W., HOWARD, V., VOZENILEK, J., CURRAN, I. Simulation-based team training in healthcare. **Simulation in Healthcare**, 6 (Suppl.), S14-S19, 2011. DOI: 10.1097/SIH.0b013e318229f550.
- ERAUT, M. Transfer of knowledge between education and workplace settings. In H. Rainbird, A. Fuller, & A. Munro (Eds.), **Workplace learning in context** (201–221). London/New York: Routledge, 2004.
- FANG L., THWIN M., KWOK M., TAN H., TAN K. The Effects of Simulation-based Learning on Engineering Workshop Practice. **IMETI 2010 - 3rd International Multi-Conference on Engineering and Technological Innovation, Proceedings**, 2010.

FANG L., TAN H. S., THWIN M. M., TAN K. C., KOH C. The value simulation-based learning added to machining technology in Singapore. **Educational Media International**, 48:2, 127-137, 2011. DOI: 10.1080/09523987.2011.576526.

FANNING, R.; GABA, D. The role of debriefing in simulation-based learning. *Simulation in Healthcare: The journal of the society for simulation in Healthcare*, 2 (2) 115-125.

FLATO, U. A. P., GUIMARÃES, H. P. Educação baseada em simulação em medicina de urgência e emergência: a arte imita a vida. *Revista Brasileira de Clínica Médica*, v.9, n.5, p. 360-364, 2011.

FRANKLIN, A. E., BOESE, T., GLOE, D., LIOCE, L., DECKER, S., SANDO, C. R., MEAKIM, C., BORUM, J. C. (2013). Standards of Best Practice: Simulation Standard IV: Facilitation. *Clinical Simulation in Nursing*, 9(6S), S19-S21. DOI: 10.1016/j.ecns.2013.04.011.

FRASER, D.M., R. PILLAY, R.L. TJATINDI, AND J.M. CASE. (2007). Enhancing the learning of fluid mechanics using computer simulations. *Journal of Engineering Education* 96 (4): 381–88.

FREITAS, S.; OLIVER, M. (2006). How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated? *Computers and Education*, 46 (3) 249-264.

GARZON, J.; PAVON, J.; BALDIRIS, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23 (4) 447-459.

GABRIEL, G. T. Documentação da lógica de modelos de simulação por meio do uso da técnica de modelagem IDEF-SIM. 2018. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, 2018.

GOEDERT J., CHO Y., SUBRAMANIAM M., GUO H., XIAO L. A framework for Virtual Interactive Construction Education (VICE). *Automation in Construction*, 20 (2011) 76–87. doi.org/10.1016/j.autcon.2010.07.002.

GOLBASI, O.; TURAN, M.O. A Discrete-Event Simulation algorithm for the optimization of Multi-Scenario Maintenance Policies. *Computers & Industrial Engineering*, 2020.

GOLDSMAN, D. M.; YAACOUB, T.; SARGENT, R. G. A tutorial on the operational validation of simulation models. *Proceedings - Winter Simulation Conference*. Anais...2017.

GONZALEZ, L.M.; WESTER, K.L.; BORDERS, L.D. (2019). Supports and barriers to new faculty researcher development. *Studies in Graduate and Postdoctoral Education*, 10 (1) 21-34.

GORGHIU L. M., GORGHIU G., DUMITRESCU C., OLTEANU R. L. Remarks on pupils' feedback concerning the implementation of virtual experiments in Science teaching. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 15 (2011) 1177–1182. doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.03.259.

- GOSAVI, A.; TAPAS, K.; SUDEEP, S. A simulation-based learning automata framework for solving semi-Markov decision problems under long-run average reward. *IIE Transactions*. 36. 557-567.
- GRANLUND, R.; BERGLUND, E.; ERIKSSON, H. Designing web-based simulation for learning. *Future Generation Computer Systems* 17 (2000) 171–185. Doi>10.1016/S0167-739X (99)00112-0.
- GU, Q., LAGO, P. (2009). Exploring service-oriented system engineering challenges: a systematic literature review. *Service Oriented Computing and Applications*, 3(3), 171–188.doi:10.1007/s11761-009-0046-7.
- HA, E. Effects of peer-led debriefing using simulation with case-based learning: written vs. observed debriefing. *Nurse Education Today*, 84 (2020).
- HAIR J. F. J. *Fundamentos de métodos de pesquisa em administração*, São Paulo: Bookman, 2005.
- HALL, K.; TORI, K. (2017) Best practice recommendations for debriefing in Simulation-based education for Australian Undergraduate Nursing Students: An integrative review. *Clinical Simulation in Nursing*, 13 (1) 39-50.
- HALLINGER, P.; WANG, R. (2019). The evolution of simulation-based learning across the disciplines, 1965-2018: a science map of the literature. *Simulation and Gaming*, 51(1)9-32.
- HANRAHAN J., SIDERIS M., PSITSOPOULOS P., BIMPIS A., PASHA, T., WHITFIELD P.C., PAPALLOIS, A. E. (2018). Increasing motivation and engagement in neurosurgery for medical students through practical simulation-based learning. *Annals of Medicine and Surgery*. DOI: 10.1016/j.amsu.2018.08.002.
- HASKELL, R. E. *Transfer of learning*. San Diego, CA: Academic Press, 2001.
- HERNANDEZ, J.M.C; BASSO, K.; MOLL, M.B. (2014). Pesquisa Experimental em Marketing. *Revista Brasileira de Marketing*, 13 (2) 98-117.
- IGNATAVICIUS, D.; CHUNG, C.E. (2016). Professional development for nursing faculty: assessing transfer of learning into practice. *Teaching and learning in nursing*, 11 (4) 138-142.
- INNOCENTI E. D., GERONAZZO M., VESCOVI D., NORDAHL R., SERAN S., LUDOVICO L., AVANZINI F. (2019). Mobile virtual reality for musical genre learning in primary education. *Computers & Education*. 139. 102-117. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.04.010.
- ISSENBERG, S.B, MCGAGHIE, W.C, PETRUSA, E.R, GORDON, D.L, ROSS, J.S. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: A BEME systematic review. *Med Teach* 2005; 27:10 –28.
- JAHANGIRIAN, M.; ELDABI, T.; NASEER, A.; STERGIOLAS, L. K.; YOUNG, T. Simulation in manufacturing and business: A review. *European Journal of Operational Research*, v. 203, p. 1–13, 2010.
- JEFFRIES, P.R. (2005). A framework for designing, implementing and evaluating

simulations used as teaching strategies in nursing. *Nursing Education Perspectives* 26 (2), 28–35.

JENSEN, L.; KONRADSEN, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23 (2018) 1515-1529.

JUAN, A.A.; LOCH, B.; DARADOUMIS, T.; VENTURA, S. (2017). Games and simulation in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14, 37 (2017). Doi: 10.1186/s41239-017-0078-9

JUNG, C. F. Metodologia para pesquisa e desenvolvimento: aplicada a novas tecnologias, produtos e processos. Rio de Janeiro: Editora Axcel Books, 2004.

KAAKINEN, J., ARWOOD, E. (2009). Systematic review of nursing simulation literature for use of learning theory. *International Journal of Nursing Education Scholarship*, 6, 16. doi:10.2202/1548-923x.1688

KALDHEIM, H.K.A.; BERGLAND, A.; OINES, M.A.; HOFSSO, K.; DIHLE, A.; CREUTZFELDT, J.; ZHANG, C.; STEINDAL, S.A. Use of simulation-based learning among perioperative nurses and students: a scoping review. *Nurse Education Today*, 73 (2019) 31-37.

KANKI, B. G., ZAAL, P. M. T., KAISER, M. K. (2017). Flight simulator research and technologies. In M. S. Young & M. G. Lenné (Eds.), *Simulators for transportation human factors: Research and practice* (pp. 350). Boca Raton, FL: CRC Press.

KARABULUT-ILGU, A. CHERREZ, N.J.; JAHREN, C.T. (2018). A systematic review of research on the flipped learning method in engineering education. *British Journal of Educational Technology*, 49 (3) 398-411.

KARDONG-EDGREN S, ADAMSON K, FITZGERALD C. A review of currently published evaluation instruments for Human Patient Simulation. *Clinical Simulation in Nursing*. 2009; 6(1): e25-e35. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2009.08.004>

KE, F.; CARAFANO, P. (2016). Collaborative science learning in a immersive flight simulation. *Computers & Education*, 103 (2016) 114-123. Doi: 10.1016/j.compedu.2016.10.003

KE, F.; XU, X. Virtual reality simulation-based learning of teaching with alternative perspectives taking. *British Journal of Educational Technology*, 2020. Doi: 10.1111/bjet.12936.

KEH, H.C., WANG, K.M., WAI, S.S., HUANG, J.Y., HUI, L., WU, J.J. 2008. Distance-learning for advanced military education: Using War game simulation course as an example. *International Journal of Distance Education Technologies* 6 (4): 50–61.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; STURROCK, D. T. *Simulation with Arena*. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2007.

KIDDER, L. H. Métodos de pesquisa nas relações sociais. Volume 1: delineamentos de pesquisa. 4 ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 2004.

- KITCHENHAM B. (2007) Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical report, EBSE Technical Report.
- KLABBERS, J. H. (2001). The emerging field of simulation and gaming: Meanings of a retrospect. *Simulation and Gaming*, 32(4), 471–480.
- KNEEBONE R. Evaluating clinical simulations for learning procedural skills: A theory-based approach. *Acad Med* 2005;80: 549–53.
- KOH, C., TAN, H. S., TAN, K., FANG, L., MENG FONG, F., KAN, D., LYE, S., LIN WEE, M. (2010). Investigating the Effect of 3D Simulation Based Learning on the Motivation and Performance of Engineering Students. *Journal of Engineering Education*. 99. 10.1002/j.2168-9830.2010.tb01059.x.
- KOMULAINEN, T. M., SANNERUD, A. R. (2018). Learning transfer through industrial simulator training: Petroleum industry case, *Cogent Education*, 5:1, DOI: 10.1080/2331186X.2018.1554790
- KRIZ, W. C. (2003). Creating effective learning environments and learning organizations through gaming simulation design. *Simulation and Gaming*, 34(4), 495–511.
- KULKARNI, P.P.; KSHIRE, S.S.; CHANDRATRE, K.V. (2014). Productivity improvement through lean deployment & work study methods. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3 (2) 429-434.
- LAHANE, S.; KANT, R.; SHANKAR, R. Circular supply chain management: a state-of-art review and future opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 258 (2020).
- LANGEMEYER, I. (2014). Learning in a simulation-OT in heart surgery and the challenges of the scientification of work. *Journal of Education and Work*, 27(3), 284–305. doi:10.1080/13639080.2012.742182.
- LANZO, J.A.; VALENTINE, A.; SOHEL, F.; YAPP, A.Y.T.; MUPARADZI, K.C.; ABDELMALEK, M. A review of the uses of virtual reality in engineering education. *Computers Applications in Engineering Education*. (2020) 1-16.
- LATEEF, F. (2010). “Simulation-based learning: Just like the real thing”. *Journal of Emergencies, Trauma and Shock*. 3(4): 348–352.
- LATHROP, A., WINNINGHAM, B., VANDEVUSSE, L. Simulation-based Learning for Midwives: background and pilot implementation. *J Midwifery Women’s Health*, 2007; 52:492–498.
- LAURINDO, Q. M. G.; PEIXOTO, T. A.; RANGEL, J. J. A. (2018). Communication mechanism of the discrete event simulation and the mechanical project software’s for manufacturing systems. *Journal of Computational Design and Engineering*, vol.6, p.70-80.
- LEAL, F. Análise do efeito interativo de falhas em processos de manufatura através de projeto de experimentos simulados. 2008. 237 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, 2008.
- LEAL, F.; ALMEIDA, D.A.; MONTEVECHI, J.A.B. Uma proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para Simulação através de elementos do IDEF. In: *Anais do XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, João Pessoa, PB, 2008.

- LEBERMAN, S., MCDONALD, L., DOYLE S. The transfer of learning: participant's perspective of adult education and Training. Burlington, VT: Gower Publishing Co, 2006.
- LEIGH, G.; STEUBEN, F. Setting Learners up for Success: Presimulation and Prebriefing strategies. *Teaching and Learning in Nursing*, 13 (2018) 185-189.
- LEON-CASTELAO, E.; MAESTRE, J.M. (2019). Prebriefing in Healthcare Simulation: Concept analysis and terminology in Spanish. *Educación Médica*, 20(4) 238-248.
- LEUTNER, D.; LEOPOLD, C.; SUMFLETH, E. (2009). Cognitive load and science text comprehension: Effects of drawing and mentally imagining text content. *Computers in Human Behavior*, 25, 284-289.
- LIM, E.W.C. (2017). A design software to facilitate learning via repeated practice by Chemical Engineering students. *Education for Chemical Engineers*, 21 (2017) 72-79.
- LIN, X.; LEHMAN, J.D. (1999). Supporting learning of variable control in a Computer-based biology environment: effects of prompting college students to reflect on their own thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (7) 837-858.
- LINDNER, C., RIENOW, A., JÜRGENS, C. (2019). Augmented Reality applications as digital experiments for education – An example in the Earth-Moon System. *Acta Astronautica*. 161. 10.1016/j.actaastro.2019.05.025.
- LIOCE, L., REED, C. C., LEMON, D., KING, M. A., MARTINEZ, P. A., FRANKLIN, A. E., BOESE, T., DECKER, S., SANDO, C. R., GLOE, D., MEAKIM, C., BORUM, J. C. (2013). Standards of Best Practice: Simulation Standard III: Participants objectives. *Clinical Simulation in Nursing*, 9(6S), S15-S18. Doi: 10.1016/j.ecns.2013.04.005.
- LÓPEZ, N. G., ROMEO, A., GUERRERO, J. J. (2011). Active Learning in Robotics Based on Simulation Tools. *Computers application in Engineering Education*. 22:509–515. Doi.org/10.1002/cae.20576.
- LUO, W., SMITH, T., WHALLEY, K., DARLING, A., ORMAND, C., HUNG, W., CHIANG, J., PELLETIER, J., DUFFIN, K. (2018). Earth surface modeling for education: How effective is it? Four semesters of classroom tests with WILSIM-GC. *British Journal of Educational Technology*. 10.1111/bjet.12653.
- MACAULAY, C.; CREE, V. (2007). Transfer of learning: Concept and process. *Social Work Education: The International Journal*. 18. 183-194. DOI: 10.1080/02615479911220181.
- MALHOTRA, M.K.; GROVER, V. An assessment of survey research in POM: from constructs to theory. *Journal of operations management*, v. 16, n. 4, p. 407- 425, 1998.
- MARTIN, N. Bringing students to practice performing a real-life simulation study in an introductory simulation course. *Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference*.
- MCHANEY, R. Simulation education in non-simulation courses. *Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference*.
- MCCOMB, S. A.; KIRKPATRICK, J. M. (2016). Impact of pedagogical approaches on cognitive complexity and motivation to learn: Comparing nursing and engineering

undergraduate students. *Nursing Outlook*, V.64 (1) 37-48.
Doi:10.1016/j.outlook.2015.10.006

MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; LEE HO, L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MIN, R. (2006). Methods of learning in simulation environments. In C. Juwah (Ed.), *Interactions in online education* (pp. 117–137). New York: Routledge.

MONTEVECHI, J. A. B.; FERNANDES, T.P.; SILVA, C.; MIRANDA, R.C.; GALVÃO, A.S. Identification of the main methods used in simulation projects. Proceedings - Winter Simulation Conference. Anais...2016

MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; PINHO, A. F.; COSTA, R. F. S.; OLIVEIRA, M. L. M.; SILVA, A. L. F. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. Proceedings - Winter Simulation Conference, p. 1624–1635, 2010.

MONTEVECHI, J. A. B.; PINHO, A. F. de; LEAL, F.; MARINS, F. A. S. Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry. In: Winter Simulation Conference, Proceedings... Washington, DC, USA, 2007.

MORABITO NETO, R.; PUREZA, V. Modelagem e Simulação. In: MIGUEL, P. A. C. (Org). Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 170-196, 2012.

NDAHI, H.B., S. CHARTURVEDI, AKAN, A.O.; PICKERING, J.W. (2007). Engineering education: Web-based interactive learning resources. *The Technology Teacher* 67 (3): 9–14.

NETO, A.; MACHADO, L.; OLIVEIRA, M. Realidade Virtual – Definições, dispositivos e aplicações. Revista Eletrônica de Iniciação Científica. Tutorial. Simpósio de Realidade Virtual, v.2, n.1, 2002.

NEGAHBAN, A.; SMITH, J.S. Simulation for manufacturing system design and operation: Literature review and analysis. *Journal of Manufacturing Systems*, 33 (2014) 241-261.

NJOO, M.; DE JONG, T. Exploratory learning with a computer simulation for control theory: learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*. 30 (8) 821-844.

OSTERGAARD, H.T., OSTERGAARD, D., LIPPERT, A. Implementation of team training in medical education in Denmark. *Qual Safe Health Care*, 2004; 13(Suppl 1):91–5.

OSTOVAR, S.; ALLAHBAKHSIAN, A.; GHOLIZADEH, L.; DIZAJI, S.L.; SARBAKHSI, P.; GHAHRAMANIAN, A. (2018) Comparison of the effects of debriefing methods on psychomotor skills, self-confidence, and satisfaction in novice nursing students: A quasi-experimental study, 9 (3) 107-112.

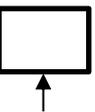
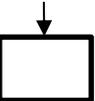
- PANTOJA, M. J.; BORGES-ANDRADE, J. E. Estratégias de aprendizagem no trabalho em diferentes ocupações profissionais. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 3(1), p. 41- 62, 2009.
- PARUSH, A., HAMM, H., SHTUB, A. Learning histories in simulation-based teaching: the effects on self-learning and transfer. *Computers & Education*, 2002, 39 (4) 319–332. doi.org/10.1016/S0360-1315(02)00043-X.
- PATTERSON, B.; ELLIOTT, B.; CHARGUALAF, K. A. Understanding learning transfer of veterans in baccalaureate nursing programs: Their experience as student nurses. *Nurse Education in Practice*, 39 (2019) 124-129.
- PEHRSSON, L.; NG, A. H.C.; STOCKTON, D. Industrial cost modelling and multi-objective optimization for decision support in production systems development. *Computers & Industrial Engineering*, v. 66, p. 1036–1048, 2013.
- PEKKANEN, P.; NIEMI, P.; PUOLAKKA, T.; PIRTTILA, T.; HUISKONEN, J. Building integration skills in supply chain and operations management study programs. *International Journal of Production Economics*, 225 (2020).
- PERKINS, K., MOORE, E., PODOLEFSKY, N., LANCASTER, K., DENISON, C., REBELLO, N. S., SINGH, C. (2012). *Towards research-based strategies for using PhET simulations in middle school physical science classes*, 295–298. <https://doi.org/10.1063/1.3680053>.
- PHILLIPS M. S., PONSKY J. L. (2011). Evidence of the benefit of simulator training for the education of surgeons. *Techniques in Gastrointestinal Endoscopy*. 13. 119-125. DOI: 10.1016/j.tgie.2011.01.008.
- PILCHER, J.; GOODALL, H.; JENSEN, C.; VALERIE, H.; JEWELL, C.; REYNOLS, R.; KARLSEN, K.A. (2012). Simulation-based learning: It is not just for NRP, *Neonatal Netw.*, 31(5) 281.
- PITEIRA, M., HADDAD, S. R. (2011). Innovate in your program computer class: An approach based on a serious game. *Proceeding of workshop of open source and design communication-OSDOC*. DOI:10.1145/2016716.2016730.
- PLUTENKO, A.D.; LEYFA, A.V.; KOZYR, A.V.; HALETSKAYA, T.V. Specific features of vocational education and training of engineering personnel for high-tech business. *European Journal of Contemporary Education*, 7 (2) 360-371, 2018.
- PODOLEFSKY, N. S., MOORE, E. B., PERKINS, K. K. Implicit scaffolding in interactive simulations: design strategies to support multiple educational goals. *Physics Education*, 2013.
- PORTMAN, M., NATAPOV, A., FISHER-GEWIRTZMAN, D. (2015). To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning. *Computers, Environment and Urban Systems*. 54. 10.1016/j.compenvurbsys.2015.05.001.
- POZZI R., NOÈ C., ROSSI T. Experimenting ‘learn by doing’ and ‘learn by failing’. *European Journal of Engineering Education*, 40:1, 68-80, 2015. DOI: 10.1080/03043797.2014.914157.

- PSOTKA, J. (2013). Educational Games and Virtual Reality as Disruptive Technologies. *Educational Technology and Society*. 16. 69-80.
- QUESADA C., GONZÁLEZ D., ALFARO I., CUETO E., HUERTA A., CHINESTA F. (2016). Real-time simulation techniques for augmented learning in science and engineering. *The Visual Computer*. 32: 1465-1479. Doi 10.1007/s00371-015-1134-7.
- QUILICI, A.P.; ABRÃO, K.C.; TIMERMAM, S.; GUTIERREZ, F. *Simulação clínica: do conceito à aplicabilidade*. São Paulo: Atheneu, 2012.
- REISE, C., MULLER, B. SELIGER, G. Resource Efficiency Learning game – Electric Scooter Game. *Procedia CIRP* 15 (2014) 355-360.
- RUTTEN, N., VAN JOOLINGEN, W.R., VAN DER VEEN, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computer & Education*, 58(1), 136-153.
- RYOO, E.N.; HA, E. (2015). The importance of debriefing in Simulation-based learning: Comparison between debriefing and no debriefing. *Computers, Informatics, Nursing*, 33 (12) 538-545.
- SABAH, N. M. (2016). Exploring students' awareness and perceptions: Influencing factors and individual differences driving m-learning adoption. *Computers in Human Behavior*, V.65, P.522-533. Doi: 10.1016/j.chb.2016.09.009
- SAMPAIO, Z., MARTINS P. O. (2014). The application of virtual reality technology in the construction of bridge: The cantilever and incremental launching methods. *Automation in Construction*. 37. 58–67. 10.1016/j.autcon.2013.10.015.
- SANDO, C. R., COGGINS, R., MEAKIM, C., FRANKLIN, A., GLOE, D., BOESE, T., DECKER, S., LIOCE, L., BORUM, J. C. (2013). Standards of Best Practice: Simulation Standard VII: Participant Assessment and Evaluation. *Clinical Simulation in Nursing*. 9. S30–S32. DOI:10.1016/j.ecns.2013.04.007.
- SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. *Journal of Simulation*, v. 7, n. 1, p. 12–24, 2013.
- SCHOTT, C. (2017). Virtual fieldtrips and climate change education for tourism students. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*. 21. 13-22. 10.1016/j.jhlste.2017.05.002.
- SCHUNK, D. H. (2008). *Learning theories: An educational perspective* (5th ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- SHEPERD, I.; BURTON, T. A conceptual framework for simulation in healthcare education – The need. *Nurse Education Today*, 76 (2019) 21-25.
- SITTNER, B., AEBERSOLD, M., PAIGE, J.B., GRAHAM, L. L. M., SCHRAM, A. P., DECKER, S. I., LIOCE, L. (2015). INACSL Standards of Best Practice for Simulation: Past, Present, and Future. *Nursing Education Perspectives*. 36. 294-298. DOI 10.5480/15-1670.
- SKJERVE, A.B. BYE, A. (2011) *Simulator-based human-factors studies across 25 years*. London: Springer.

- SKOOGH, A.; JOHANSSON, B.; STAHRÉ, J. Automated input data management: evaluation of a concept for reduced time consumption in discrete event simulation. *The Society for Modeling and Simulation International*, v. 88, n. 11, p. 1279–1293, 2012.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- SMETANA, L. K., BELL, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337–1370. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.605182>
- STAVYTSKA, I. The formation of foreign language competence of engineering students by means of multimedia. *Advanced Education*, 7 (2017) 123-128.
- STREINER, D. L. Being inconsistent about consistency: when coefficient alpha does and does not matter. **Journal of Personality Assessment**. v. 80, n. 3, p. 217-222, 2003.
- SU, K.; CHEN, S.; LIN, P.; HSIEH, C. Evaluating the user interface and experience of VR in the electronic commerce environment: a hybrid approach. *Virtual Reality*, 24 (2019) 241-254.
- TABACHNICK, B. G., FIDELL, L. S. (2006). *Experimental design using ANOVA*. California: Cengage.
- TAN, H.S., TAN, K.C., FANG, L., WEE, M.L., LYE, S.L., KAN, D., KWOK, M., FONG, F.M., THWIN, M.M., CHONG, W.W., KOH, C. (2009). *The effectiveness of simulation-based learning for polytechnic level engineering students*. Paper presented at the 5th International CDIO Conference, Singapore, June 7–10.
- TORKSHAVAND, G.; KHATIBAN, M.; SOLTANIAN, A.R. (2019). Simulation-based learning to enhance students' knowledge and skills in educating older patients. *Nurse Education in Practice*, V. 42, 2019.
- TRUDEL, R., ARGO, J. J. (2013). The effect of product size and form distortion on consumer recycling behavior. *Journal of Consumer Research*, 40(4), 632-643.
- TUPAROV G., TUPAROVA D., TSARNAKOVA A. (2012). Using Interactive Simulation-Based Learning Objects in Introductory Course of Programming. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 46. 2276-2280. [10.1016/j.sbspro.2012.05.469](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.469).
- TUPAROV G., TUPAROVA D., JORDANOV V. (2014). Teaching Sorting and Searching Algorithms through Simulation-based Learning Objects in an Introductory Programming Course. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46: 2962-2966. Doi 116. [10.1016/j.sbspro.2014.01.688](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.688).
- TVENGE N., OGORODNYK O. Development of evaluation tools for learning factories in manufacturing education. *Procedia Manufacturing* 23 (2018) 33-38. doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.157
- TVERSKY, B., MORRISON, J. B., BETRANCOURT, M. (2002). Animation: Can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57(4), 247–262. DOI: [10.1006/ijhc.2002.1017](https://doi.org/10.1006/ijhc.2002.1017).

- VAN DER MEIJ J., JONG T. The effects of directive self-explanation prompt to support active processing of multiple representations in a simulation-based learning environment. *Journal of computer assisted learning*. 27(5):411-423, 2011. doi: 10.1111/j.1365-2729.2011.00411.x.
- VERKUYL, M.; LAPUM, J.L.; ST-AMANT, O.; BETTS, L.; HUGHES, M. An Exploration of debriefing in virtual simulation. *Clinical Simulation in Nursing*, 13(2017) 591-594.
- WANNAGS, L.L.; GOLD, S. Assessing tensions in corporate sustainability transition: from a review of the literature towards an actor-oriented management approach. *Journal of Cleaner Production*, 264 (2020).
- WILLIAMS, B.; VAN HATTUM-JANSEN, N.; OLIVEIRA, J. (2013). *Investigação em Educação em Engenharia: um campo emergente em Portugal*. *Revista de Ensino de Engenharia*, 32 (2) 51-62.
- WILLIAMS, J., DONOVAN J., FREDERICK W. (2018). Consideration of using virtual reality for teaching neonatal resuscitation to midwifery students. *Nurse Education in Practice*. 31. DOI: 10.1016/j.nepr.2018.05.016.
- WINTER, J. C.; DODOU, D. The Driver Behavior Questionnaire as a predictor of accidents: a meta-analysis. *Journal of Safety Research*, v. 41, n. 6, p. 463-470, 2010.
- YANG, M.; JIANG, H.; GARY M. (2017). Challenging learning goals improve performance in dynamically complex microworld simulations: Using Challenging Learning Goals in Simulation Games. *System Dynamics Review*, 32, 204–232 (2016). Doi 10.1002/sdr.1559.
- ZAVALANI, O. (2015). Computer-based simulation development of a design course project in electrical engineering. *Computer Applications in Engineering Education*, 23 (4). DOI 10.1002/cae.21629.
- ZHANG, J.; ZHANG, Y.; HU, Z.; LU, M. Construction management utilizing 4D CAD and operations simulation methodologies. *Tsinghua Science & Technology*, v. 13, p. 241-247, 2008.
- ZHU, F.; YAO, Y.; TANG, W.; CHEN, D. A high-performance framework for modeling and simulation of large-scale complex systems. *Future Generation Computer Systems*, v. 51, p. 132-141, 2015.

Anexo A - Simbologia da técnica IDEF-SIM

Elementos	Simbologia	Técnica de origem
Entidade		IDEF3 (modo de descrição de transições)
Funções		IDEF0
Fluxo de Entidade		IDEF0 e IDEF3
Recursos		IDEF0
Controles		IDEF0
Regras para fluxos alternativos e/ou paralelos	 Regra E	IDEF3
	 Regra OU	
	 Regra E/OU	
Movimentação		Fluxograma
Informação explicativa		IDEF0 e IDEF3
Fluxo de entrada em sistema modelado		
Ponto final do sistema		
Conexão com outra figura		
Portão de bloqueio		
Portão de liberação		

Fonte: Adaptado de Leal (2008), Montevechi *et al.* (2010) e Gabriel (2018)