



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

LUCAS DE ALMEIDA BRAGA

**DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DE ENSINO UTILIZANDO A SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL E A APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS: UMA
APLICAÇÃO NO CONTEXTO DO LEAN MANUFACTURING**

FORTALEZA

2019

LUCAS DE ALMEIDA BRAGA

DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DE ENSINO UTILIZANDO A SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL E A APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS: UMA
APLICAÇÃO NO CONTEXTO DO LEAN MANUFACTURING

Monografia submetida à Coordenação do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção Mecânica.

Orientador: Professor Dr. Heráclito Lopes
Jaguaribe Pontes

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B794d Braga, Lucas de Almeida.
Desenvolvimento de um jogo de ensino utilizando a simulação computacional e a aprendizagem baseada em problemas: uma aplicação no contexto do Lean manufacturing / Lucas de Almeida Braga. – 2019.
72 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes.

1. Ensino de Engenharia. 2. Simulação. 3. Aprendizagem Baseada em Problemas. 4. Lean Manufacturing. 5. Flexsim. I. Título.

CDD 658.5

LUCAS DE ALMEIDA BRAGA

DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DE ENSINO UTILIZANDO A SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL E A APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS: UMA
APLICAÇÃO NO CONTEXTO DO LEAN MANUFACTURING

Monografia submetida à Coordenação do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção Mecânica.

Orientador: Professor Dr. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes

Aprovada em: ____/____/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Belo Torres
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à minha mãe, Renata, por ser meu porto seguro e minha maior inspiração, por todos os valores ensinados, pela paciência e dedicação que teve comigo durante toda minha trajetória, a qual estive totalmente presente a todo instante. Meu agradecimento por tanto amor é deixá-la com orgulho. Se estou onde estou, é graças a tudo que ela me proporcionou.

À minha família que sempre me deu o apoio necessário durante minha caminhada até aqui. Ao meu tio, Braga, por todo o seu constante suporte, principalmente durante o período da faculdade. À minha irmã, Leticia, por todos os conselhos e pela parceira. À minha avó, Célia, por seu amor incondicional e pela sua torcida em todos os momentos importantes da minha vida. Ao meu avô, Otávio (*in memoriam*), um exemplo de profissional bem-sucedido e bem-vivido, e que com certeza estaria mais que orgulhoso de mim.

As minhas grandes irmãs de coração, Carol e Mariana, que estiveram juntas comigo desde o colégio. Sei que, mesmo com todas as complicações de rotinas diferentes, posso contar com suas palavras tranquilizantes a qualquer sinal.

Aos grandes amigos que a UFC me proporcionou, que contribuíram, cada um do seu jeito especial, para tornar este período da faculdade menos conturbado para mim. À minha amiga Giovanna, por todos os momentos incríveis dentro e fora da faculdade. Aos meus mais que especiais, Laíza, Lydia e Marcelo, por acolherem um jovem Lucas, na época, com recém-completados 16 anos e com medo do mundo adulto, e por juntos sermos uma equipe incrível e termos enfrentado os trabalhos mais difíceis com sucesso.

Aos meus colegas de trabalho, por toda parceria, por sempre conseguirem transformar minhas angústias em risadas e por fazerem o escritório minha segunda casa. Aos meus queridos *Nitromakers* por toda a alegria e conforto que me passam e por todos os momentos memoráveis. Aos meus pilotos do *Growth*, em especial, meu líder, André, que acompanhou de perto minha trajetória como profissional, por todos seus conselhos e palavras encorajadoras.

Ao Prof. Heráclito, pelos ensinamentos, pela sua orientação, não somente neste trabalho, mas em grande parte do meu período na UFC e pelas oportunidades enquanto aluno e bolsista.

“A felicidade não é algo que você precisa conquistar. Você ainda pode se sentir feliz durante o processo de conquistar alguma coisa.” (Kim Namjoon)

RESUMO

É certo que o mercado de trabalho, diante das mudanças oriundas do capitalismo e da globalização, necessita cada vez mais de profissionais dinâmicos, flexíveis e qualificados para atuar em diversas áreas, principalmente na engenharia. Porém, fatos como o processo de aprendizagem por vezes passiva nas universidades e a desmotivação dos alunos acarreta na inserção de profissionais com certas deficiências de conhecimento no mercado. Deste modo, ao longo dos últimos anos, preza-se pela utilização de metodologias ativas de aprendizagem que possam dar apoio às metodologias tradicionais no país. Desta forma, esse estudo descreve o desenvolvimento e a aplicação, em laboratório, de um jogo *multiplayer* focado no apoio ao ensino de conceitos de produção enxuta para alunos do curso de Engenharia de Produção. Isso foi possível graças a utilização do *software* de simulação *Flexsim* e da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) como ferramentas conjuntas para potencializar conceitos teóricos relacionados a produção enxuta. Através de diversas aplicações, foi possível qualificar o impacto do jogo e suas qualidades, por meio de questionários respondidos por alunos. Esta avaliação apontou que 90% dos participantes concordaram que o jogo contribuiu para um melhor entendimento da filosofia de gestão Lean. Além disso, 100% dos alunos apontaram que tiveram a oportunidade de elaborar estratégias enquanto jogavam, validando a teoria e solução apontada neste estudo que encontrou resultados bastante satisfatórios.

Palavras-chaves: Ensino de Engenharia, Simulação, *Flexsim*, ABP, Aprendizagem Baseada em Problema, Lean Manufacturing, Manufatura Enxuta.

ABSTRACT

Certainly, given the changes caused by capitalism and globalization, the labor market increasingly demands dynamic, flexible and qualified professionals to work in several areas, especially in engineering. However, facts such as the learning process in universities, that sometimes can occur in a passive way, and the demotivation of the students end up inserting professionals with some lack of knowledge in the market. As such, over the past years, the use of active learning methodologies that can give support to the traditional methodologies in the country has been praised. Therefore, the following study describes the development and application of a multiplayer game, laboratory-made, focused on supporting the teaching of Lean Manufacturing concepts for students of Production Engineering. This was possible thanks to the use of the Flexsim simulation software and Problem Based Learning (PBL) as joint tools to enhance theoretical concepts related to Lean production. Through several applications, it was possible to qualify the impact of the game and its qualities, through questionnaires answered by students. This assessment pointed out that 90% of participants agreed that the game contributed to a better understanding of the Lean management philosophy. In addition, 100% of the students indicated that they had the opportunity to elaborate strategies while playing, validating the theory and solution pointed out in this study that found quite satisfactory results.

Keywords: *Engineering Teaching, Simulation, Flexsim, PBL, Problem-Based Learning, Lean Manufacturing, Lean Production*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação de um Sistema.....	30
Figura 2 – Representação esquemática de um modelo de sistema.....	32
Figura 3 – Etapas da pesquisa.....	40
Figura 4 – Etapas de uma aplicação do jogo proposto.....	43
Figura 5 – Ambiente físico da fábrica.....	46
Figura 6 – Ambiente e seus recursos interligados.....	47
Figura 7 – Exemplo de código escrito em Flexscript.....	47
Figura 8 – Planilha de controle financeiro.....	48
Figura 9 – Menus interativos integrados ao jogo.....	50
Figura 10 – Mensagens de ajuda do jogo.....	50
Figura 11 – Etapas dentro da fábrica.....	51
Figura 12 – Sorteio de matéria prima.....	51
Figura 13 – Fluxo lúdico do processo realizado na fábrica.....	52
Figura 14 – Processo de Venda.....	53
Figura 15 – Avaliação dos alunos quanto ao conhecimento em Simulação.....	55
Figura 16 – Avaliação dos alunos quanto ao conhecimento em Lean Manufacturing.....	56
Figura 17 – Avaliação dos alunos quanto ao conhecimento em ABP.....	56
Figura 18 – Avaliação quanto a passividade do aprendizado dentro do curso.....	57
Figura 19 – Avaliação dos alunos quanto ao seu protagonismo no aprendizado.....	57
Figura 20 – Avaliação quanto ao uso de recursos tecnológicos.....	58
Figura 21 – Avaliação quanto ao uso de jogos educativos.....	58
Figura 22 – Avaliação da contribuição para entendimento.....	59
Figura 23 – Avaliação do aumento em interesse sobre Lean.....	59
Figura 24 – Avaliação do aumento em interesse sobre o Flexsim.....	60
Figura 25 – Avaliação do jogo baseado em conceitos do curso.....	60
Figura 26 – Avaliação da possibilidade de comando individual da empresa.....	61
Figura 27 – Avaliações sobre aspectos específicos do jogo.....	61
Figura 28 – Avaliação sobre a relevância das melhorias.....	62
Figura 29 – Avaliação da relevância das instruções.....	63
Figura 30 – Avaliação da relevância de assuntos prévios do curso.....	63
Figura 31 – Avaliação sobre possibilidade de elaboração de estratégias.....	64
Figura 32 – Avaliação sobre decisões baseadas em recursos.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fundamentos e técnicas da filosofia JIT.....	28
Quadro 2 – Componentes de um Sistema.....	31
Quadro 3 – Exemplos de componentes de um Sistema.....	31
Quadro 4 – Diferenças entre método tradicional e método ABP	36
Quadro 5 – Questionário pré-jogo	43
Quadro 6 – Questionário pós-jogo	44
Quadro 7 – Exemplos de comandos no jogo	49
Quadro 8 – Exemplos de restrições e suas consequências	49
Quadro 9 – Custos relacionados a produção dentro do jogo	53
Quadro 10 – Custos relacionados a produção dentro do jogo	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Frequência de uso de recursos didáticos por professores	23
Tabela 2 – Problemas no ensino à engenharia.....	24
Tabela 3 – Melhores metodologias no ensino à engenharia	24
Tabela 4 – Divisão de equipes.....	42
Tabela 5 – Exemplos de variáveis e suas descrições.....	48
Tabela 6 – Resumo das avaliações	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Contextualização.....	14
1.2 Objetivos.....	16
<i>1.2.1 Objetivo geral</i>	<i>16</i>
<i>1.2.2 Objetivos específicos</i>	<i>16</i>
1.3 Justificativa	16
1.4 Estrutura do trabalho	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Ensino de Engenharia	19
<i>2.1.1 Introdução</i>	<i>19</i>
<i>2.1.2 Geração Z.....</i>	<i>19</i>
<i>2.1.3 Jogos no Ensino.....</i>	<i>21</i>
<i>2.1.4 Desafios no Ensino</i>	<i>22</i>
2.2 Lean Manufacturing	25
<i>2.2.1 Definição e Origem.....</i>	<i>25</i>
<i>2.2.2 Tipos de desperdício.....</i>	<i>26</i>
<i>2.2.3 Principais ferramentas</i>	<i>27</i>
2.2.3.1 Just-in-Time.....	27
2.2.3.2 Fluxo contínuo.....	29
2.3 Simulação	29
<i>2.3.1 Introdução</i>	<i>29</i>
<i>2.3.2 Sistemas</i>	<i>30</i>
<i>2.3.3 Modelos</i>	<i>31</i>
<i>2.3.4 Vantagens e desvantagens</i>	<i>32</i>
<i>2.3.5 Uso da Simulação no Ensino a Engenharia</i>	<i>33</i>
<i>2.3.6 Flexsim</i>	<i>34</i>
2.4 Aprendizagem Baseada em Problema (ABP)	34
<i>2.4.1 Definição e Origem.....</i>	<i>34</i>
<i>2.4.2 Relações com o construtivismo</i>	<i>36</i>
<i>2.4.3 Vantagens.....</i>	<i>37</i>
<i>2.4.4 Uso da ABP no Ensino a Engenharia</i>	<i>38</i>
3 METODOLOGIA.....	40
3.1 Classificação da pesquisa	40

3.2 Etapas da pesquisa	40
3.2.1 Desenvolvimento do jogo proposto	41
3.2.2 Aplicação do jogo proposto	42
3.2.3 Avaliação dos resultados	44
4 DESENVOLVIMENTO.....	46
4.1 Construção do problema no <i>software Flexsim</i>	46
4.2. O jogo proposto.....	51
4.2.1. O processo	51
4.2.2. A competição	52
4.2.3. As melhorias	54
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1 Resultados do questionário pré-jogo	55
5.2 Resultados questionário pós-jogo.....	58
6 CONCLUSÃO.....	66
6.1 Conclusões	66
6.2 Trabalhos futuros	68
REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

De fato, o papel do engenheiro de produção dentro da sociedade é marcado pela criação de soluções eficazes para os problemas relacionados a sistemas produtivos gerados pela expansão capitalista no mundo. Estes profissionais, cada vez mais requisitados, são norteados por conhecimentos especializados da matemática, física, ciências humanas e sociais, conjuntamente com os princípios e métodos de análise e projeto da engenharia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2001).

O perfil do formado no curso de Engenharia de Produção, ainda segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (2001), conta com a capacidade de identificar, formular e solucionar problemas ligados às atividades de projeto, operação e gerenciamento do trabalho e de sistemas de produção de bens e/ou serviços, considerando seus aspectos humanos, econômicos, sociais e ambientais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade.

Fatores relevantes como o nível atual de globalização, os avanços da tecnologia, a concorrência entre organizações, e as exigências cada vez mais rigorosas dentro do mercado de trabalho trazem como consequência a demanda por engenheiros cada vez mais qualificados, flexíveis e em constante processo de formação, já que a sua atuação busca atender às demandas do setor produtivo e da sociedade, os quais estão em constante mudanças, como evidenciado por Machado e Pinheiro (2010).

Assim, para Póvoa e Bento (2005), a formação do engenheiro é desenvolvida por um processo que se inicia em sala de aula, com a formação acadêmica, e complementa-se com a atuação do acadêmico no mercado de trabalho e com a continuidade de seus estudos na busca de atualização.

Porém, a chegada ao mercado de trabalho, geralmente durante o período em que o profissional ainda está em formação, tende a ser marcada por uma lacuna entre o que é aprendido dentro da instituição de ensino e o que de fato é aplicado na indústria. O problema mencionado pode ser ocasionado pelo distanciamento entre estes, como visto por Wang *et al.* (2011)

Diante deste cenário, as instituições entendem a necessidade de atividades práticas no ensino à engenharia. Segundo Bass (2012), educadores, cada vez mais, prezam pelo

balanceamento entre teoria e prática, sendo a última enfatizada o quanto antes na estrutura curricular.

No Brasil, esta questão se torna ainda mais urgente: os engenheiros brasileiros estão sendo cobrados por novas habilidades exigidas de forma crescente pelo mercado de trabalho, como atitude empreendedora e capacidade de inovação, de gestão, de comunicação, de liderança e de exercer funções em equipes multidisciplinares. Porém pesquisas já mostram que estas exigências dificilmente estão sendo atendidas (BORGES e ALMEIDA, 2013).

Tal problema é acentuado ao considerar-se que este atualmente afeta e afetará em especial a parte da população conhecida como Geração Z (nascidos a partir da metade dos anos 90 até 2010). Esses indivíduos puderam crescer cercados pelas mais novas tecnologias e são bombardeados por grandes quantidades de informação, o qual pode ser acessada em segundos. (BARREIRO e BOZUTTI, 2017)

Apesar dos indivíduos desta geração serem considerados “*experts* da tecnologia”, inovadores e criativos, para Half (2015), estes tendem a ser individualistas, com problemas de comunicação e de resolução de problemas. Diante disso, evidencia-se uma maior dificuldade para instituições no que tange ao processo aprendizagem deste grupo.

Face ao sistema clássico de ensino, surgem novas alternativas, que são, de fato, aplicáveis, interessantes e eficazes. Entre estas, pode-se citar a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), do inglês *Problem-Based Learning* (PBL) e Simulação Computacional.

O método ABP, inicialmente utilizado em cursos de medicina, recorre à resolução de problemas para o processo de ensino de conteúdos técnicos e científicos como forma de manter os estudantes no centro deste processo, fazendo com que estes participem ativamente e tornem sua participação relevante, interagindo, obtendo dados, formulando hipóteses, tomando decisões e emitindo julgamento (CASALE *et al.*, 2011).

O uso das técnicas da ABP, que começou nos EUA, acabou não apenas expandindo-se para outros países, mas também para cursos de outras áreas, como a administração, direito, arquitetura e a engenharia, como notado por Casale *et al.* (2011).

Em cursos de engenharia, a simulação computacional é usada como instrumento para treinamento, como na aviação e pesquisa, mas atualmente segue crescendo como um mecanismo de educação (KINCAID e WESTERLUND, 2009). Proporcionando redução de riscos e custos do processo ensino-aprendizagem, a simulação pode auxiliar na concepção de sistemas administrativos, produtivos, econômicos e financeiros (DE OLIVEIRA *et al.*, 2007)

Neste contexto, o estudante torna-se muito mais ativo no processo de aprendizagem, uma vez que é estimulado a fazer análises constantes e hipóteses do tipo *what-if* (“e se”), permitindo visualizar as consequências de cada passo realizado.

Deste modo, é relevante e viável o uso das metodologias da APB e da técnica de Simulação em forma de um jogo didático afim de potencializar o ensino de conceitos teóricos de Lean Manufacturing?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Este estudo desenvolve e aplica um jogo didático e interativo para o apoio ao ensino de conceitos de *Lean Manufacturing* a partir da utilização conjunta da Simulação Computacional e da Aprendizagem Baseada em Problemas.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Desenvolver uma proposta de dinâmica de um jogo interativo que traga a realidade prática dos conceitos de *Lean Manufacturing*.
- b) Utilizar o *software Flexsim* como plataforma para o desenvolvimento, modelagem e simulação do jogo.
- c) Coletar dados, por meio da aplicação do jogo, com os alunos para quantificar e classificar a experiência com o jogo e evolução de conhecimentos.
- d) Avaliar e demonstrar os resultados, a partir de questionários e discussões, no que tange a eficiência do jogo quanto a sua finalidade.

1.3 Justificativa

Segundo Borges e Almeida (2013), diante de um cenário mundial que apresenta uso intensivo de tecnologias e exige profissionais qualificados, a educação em engenharia no Brasil torna-se um desafio que afeta não apenas os profissionais brasileiros que tendem a sair desqualificados, mas também o país como um todo, uma vez que este acaba por se tornar atrasado quanto ao desenvolvimento científico e tecnológico, perdendo oportunidades de competição de mercado.

Nesse contexto, a passividade do aluno perante os docentes e a clara falta de atividades práticas que ajudem o discente a entender melhor situações que serão vividas por estes durante um futuro ambiente de trabalho constituem apenas parte do conjunto de problemas que a educação de engenharia enfrenta no país.

Visto a necessidade de uma adequação para este cenário, destaca-se o uso da do ABP (Aprendizagem Baseada em Problemas), uma metodologia ativa de aprendizagem, servindo, então, como uma alternativa para atender a atual demanda na preparação dos profissionais, baseando-se no conhecimento desenvolvido através de interações com o ambiente, resolução de problemas e atividades cooperativas (VIEIRA, 2015).

Sendo o *Lean*, cultura introduzida pelo Sistema Toyota de Produção, um dos principais tópicos dentro do curso de Engenharia de Produção e uma importante metodologia amplamente usada por diversas indústrias atualmente, faz-se útil o desenvolvimento de uma proposta de ensino diferenciada para este assunto, que impulse os conceitos ensinados dentro de sala de aula.

Ademais, o uso de recursos como jogos, simulação, cenários, dentre outros, têm sido usados com sucesso para ensinar Engenharia de Produção, como apontando por Riis (1995), apesar destes jogos acabarem por serem poucos utilizados nas universidades, o que prejudica o contínuo desenvolvimento destas ferramentas (PROENÇA JUNIOR, 2003).

Face ao exposto, fica patente que há, de fato, uma oportunidade de gerar diversos impactos positivos com o uso conjunto de metodologias de ABP e simulação dentro da engenharia. Assim, o presente trabalho almeja expor os resultados de uma aplicação que se apoia nestas ferramentas, usando como base um jogo interativo que traga como diferencial a finalidade de potencializar os conhecimentos teóricos de *Lean Manufacturing* aprendidos na sala de aula.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em 6 capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Desenvolvimento, Resultados e Conclusão.

O primeiro capítulo apresenta a introdução as questões centrais tratadas neste trabalho, assim como a contextualização da problemática, os objetivos, ambos gerais e específicos e por fim, sua justificativa.

O segundo capítulo aborda a revisão bibliográfica feita para o presente trabalho, contando com conteúdos relativos aos principais tópicos tratados no trabalho: Aprendizagem

Baseada em Problemas, Uso de jogos de ensino, Simulação, *Lean Manufacturing* e a Geração Z.

O terceiro capítulo refere-se à apresentação da metodologia usada no desenvolvimento deste trabalho, assim como sua classificação.

O quarto capítulo aborda etapa por etapa o processo de construção e desenvolvimento do jogo dentro do ambiente de simulação computacional.

O quinto capítulo apresenta relatórios referentes aos resultados encontrados após a aplicação do jogo, assim como as hipóteses geradas quanto a estes.

Por fim, o sexto capítulo conta com as conclusões finais do trabalho, além de sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ensino de Engenharia

2.1.1 Introdução

Face ao atual quadro de globalização, avanços tecnológicos cada vez mais recorrentes e desafios nos contextos sociais e econômicos, fica claro que a Engenharia, vista como uma forma de aplicação de conhecimentos para a criação de estruturas, dispositivos e processos que atendam às necessidades humanas, está ligada diretamente a este cenário mutável de avanços, sendo, então, necessária sua adaptação no que tange à necessidade de conhecimentos afim de solucionar problemas. Assim, a Educação em Engenharia deve acompanhar este mesmo dinamismo (MACEDO e SAPUNARU, 2016).

Borges e Almeida (2013) afirmam que este cenário de avanços tem como consequência uma atualização constante das estruturas curriculares: As instituições de ensino enfrentam assim um desafio recorrente no processo de planejamento, elaboração e oferta dos cursos de engenharia para que cada vez mais os alunos possam se encaixar no perfil buscado pelo setor empresarial.

Os mesmos autores descrevem como a educação em engenharia no Brasil constitui um desafio, uma vez que a procura por profissionais altamente qualificados aumenta consideravelmente. Sob esta óptica, a não adequação a este cenário global, torna a formação de profissionais competentes falha, criando, assim, impactos de longo prazo que ultrapassaram a fronteira acadêmica e empresarial: o país se torna atrasado no processo de desenvolvimento científico e tecnológico.

Deste modo, os cursos de graduação em engenharia espalhados pelo Brasil recebem a árdua tarefa de trabalhar uma melhor articulação dos cursos em relação à área de atuação do futuro engenheiro, modernizando suas estruturas curriculares e adequando-os de acordo com o cenário vigente. Este desafio, que deve ser tratado de maneira eficaz, apesar de continuar sendo uma questão bastante debatida, persiste sem grandes avanços (BORGES e ALMEIDA, 2013).

2.1.2 Geração Z

A chamada Geração Z compreende a parte da população nascida a partir da metade dos anos 90 até 2010 e é descrita por Barreiro e Bozutti (2017) como um grupo que nasceu durante o ápice da tecnologia e da internet e que tem como algumas características a falta de

sociabilidade, a habilidade de serem multitarefas, a falta de foco e a dificuldade de se adaptar em hierarquias empresariais.

Também conhecida como Geração Internet, é previsto que este grupo seja altamente conectado à internet e viva em uma era de comunicação de ponta, estilos de vida ligados à novas tecnologias e uso das redes sociais (KAPIL e ROY, 2014).

Para a pergunta “Como a Geração Z difere das gerações anteriores”, Rothman (2016) lista características relevantes para entender melhor o comportamento desse grupo, sendo algumas:

- a) Desejam tecnologias fáceis de usar e que podem solucionar seus problemas, ajudar a coordenar suas atividades ou prover informação relevante
- b) Seus cérebros são afetados pelo uso da internet. Ao procurar respostas para perguntas no *Google* ou *Youtube*, lhes faltam pensamento crítico para poder avaliar a veracidade das fontes.
- c) Possuem pouca ou até mesmo nenhuma tolerância a estarem sem recursos digitais
- d) Ao invés de ler um artigo, preferem assistir um vídeo que resuma seu conteúdo.

Ademais, Geck (2006 *apud* BARREIRO e BOZUTTI, 2017) destaca que esta geração se depara com diversas dificuldades ao fazer sua entrada no mercado de trabalho, fazendo-os ganhar o apelido de “geração desafiadora”.

Nessa óptica, apesar dos futuros profissionais desta geração tenderem a encontrar uma série de obstáculos quanto a seus comportamentos, isto não impede estes indivíduos de terem altas expectativas quanto a suas carreiras: Em pesquisa, cerca de 32% de jovens da Geração Z afirmaram que em pelo menos 5 anos após sua graduação, se enxergam liderando e coordenando pessoas em seu ambiente de trabalho (HALF, 2016).

A questão de liderança se torna mais delicada ainda, se levada em conta o contexto: Kapil e Roy (2014) afirmam que é praticamente certo que a Geração Z irá liderar grupos da geração antecessora quase imediatamente. A Geração X não faz questão de tomar a posição de líder, enquanto a Geração Y foge de focos de atenção, tornando o caminho livre para a Geração Z se apossar de posições de liderança nos ambientes corporativos.

Half (2016) mostra, em pesquisa, que 77% dos indivíduos da Geração Z acreditam que, deverão trabalhar mais, em comparação à geração passada, para poder manter uma carreira satisfatória.

Assim, dadas às circunstâncias, a Geração Z é vista como um profundo desafio para líderes, coordenadores, supervisores e educadores de inúmeras áreas. Fica patente, então, a clara necessidade dos envolvidos nesta problemática, começarem a trabalhar, o quanto antes, estratégias para extrair o melhor do que esta geração pode oferecer (KAPIL e ROY, 2014).

2.1.3 Jogos no Ensino

As crescentes exigências de habilidades feitas pelo mercado de trabalho forçam as Instituições de Ensino Superior (IES) a elevarem a qualidade do seu ensino com atualizações relacionadas à estrutura curricular, a preparação dos docentes e, principalmente, novas políticas e metodologias eficazes que possam ajudar a solucionar a problemática de mudanças decorrentes da globalização. Assim, algumas das metodologias usadas nos recentes anos se utiliza de recursos como jogos para ensino (RIIS, 1995).

A prática de utilizar jogos como ferramenta de aprendizado é tão antiga quanto o próprio ensino: Os atuais jogos de negócio foram adaptados a partir de conceitos de jogos de guerra que datam por volta de 3.000 a 5.000 A.C. Fica claro que o uso de jogos para este propósito pode tomar várias formas, servindo como meio para diferentes finalidades. (QUEIROZ e LUCERO, 2010; KALLÁS, 2003).

Teixeira e Teixeira (1998) destacam como jogos de empresa (jogos educacionais com características de simuladores de situações empresariais) podem ser de grande relevância para treinamento e desenvolvimento de habilidades e potencialidades do indivíduo em relação a atividades empresariais, aprimorando seu conhecimento, além de trabalhar a autodisciplina, cooperação e socialização.

O ato de “aprender fazendo” internaliza o aprendizado de forma duradoura, como percebido por Ferreira (2000), uma vez que os indivíduos têm a chance de vivenciar situações e problemas, os quais podem resolver com seus próprios recursos e realizar análises das decisões que tomam durante o jogo.

Apesar das vantagens, os jogos de empresa também apresentam limitações. Martinelli (1987 *apud* FERREIRA, 2000) aponta que, em relação a educação, estes tipos de jogos não podem simplesmente substituir o método tradicional de ensino ou serem tratados como ferramenta absoluta, sendo então utilizados acompanhados de outras abordagens validadas, como seminários, estudos de casos, aulas expositivas, etc.

2.1.4 Desafios no Ensino

Chun *et al.* (2017) afirmam que o processo de aprendizagem se torna mais difícil para o grupo de indivíduos pertencentes à Geração Z por uma série de motivos, os quais são mencionados abaixo.

O primeiro seria seu limiar de atenção (tempo de concentração em uma tarefa sem distração) notavelmente menor, se comparado ao de gerações passadas. Expostos cada vez mais a conteúdos curtos e em alta frequência, a Geração Z é descrita como propensa a adquirir déficit de atenção, devido a sua dependência de tecnologia, diferente de outras gerações que dependiam de leituras feitas fora de aparelhos eletrônicos (KAPIL e ROY, 2014; ROTHMAN, 2016).

O segundo está relacionado ao desenvolvimento de funções cognitivas relacionadas à habilidades do tipo visual. Rothman (2016), então, descreve as consequências deste fato: Aulas tradicionais que colocam o aluno como ouviente passivo são desaprovadas, enquanto este grupo preza por alternativas que fujam deste tipo de modelo de ensino, citando exemplos como jogos interativos, projetos colaborativos, etc.

Por fim, destaca-se também a expectativa por resultados instantâneos e *feedbacks* constantes. O acesso rápido e fácil a uma extensa gama de informações acaba por acostumar estes indivíduos a respostas extremamente rápidas, além disso estes tendem a não saberem julgar propriamente a confiabilidade de tais informações (CHUN *et al.*, 2017; FUDIN, 2012).

Rothman (2016), diante das informações expostas, lista uma série de conclusões e ações relevantes sobre o engajamento dos indivíduos da Geração Z, os quais algumas são:

- a) O aprendizado não deve fazer os alunos de espectadores. Este grupo prefere aprender realizando o que está sendo ensinado, ao invés de ouvirem o que devem fazer ou lerem textos;
- b) Deve ser feita uma integração entre avaliação contínua, *feedbacks* instantâneos, metas claras, recompensas e reforço positivo;
- c) Devido a característica multitarefa, estes indivíduos tem um limiar de atenção pequeno. Assim, o aprendizado deve ser entregue em menores seções;
- d) A Geração Z aprenderá mais efetivamente se solucionarem problemas e acharem soluções por tentativa e erro. Eles continuarão a trabalhar em um nível de um jogo por um longo tempo se perceberem que a cada erro que cometem, aprendem uma nova estratégia;

- e) Eles possuem a habilidade de expressar opiniões em pequenos grupos de discussão;
- f) O fácil acesso a um grande leque de informações faz membros da Geração Z procurarem respostas rápidas, ao invés de investir em longos métodos de solução de problemas;
- g) Trapaças são consideradas brilhantes no mundo da Geração Z, mas não no mundo educacional;
- h) A Geração Z deve aprender a descobrir, tratar e gerenciar informações, focando em pensamento crítico e soluções de problemas ao invés de memorização de informações;
- i) Preferem trabalhar em times ou pequenos grupos.

Para melhor compreender, a situação atual do ensino brasileiro destinado à Geração Z em cursos de Engenharia, pesquisas realizadas por Barreiro e Bozutti (2017), mostram em números, a visão de ambos os alunos e professores para questões relevantes deste tópico.

Quando questionados ao uso de recursos didáticos em suas aulas, docentes responderam em sua maioria fazem uso de quadros (55%), projetores (55%) e exercícios (65%) com alta frequência, como exposto na Tabela 1.

Tabela 1 – Frequência de uso de recursos didáticos por professores

Recurso	Frequência		
	Baixa	Média	Alta
Quadro	10%	35%	55%
Projetor	15%	30%	55%
Exercícios	5%	30%	65%
Projetos	30%	35%	35%
Apresentações	70%	15%	15%
Estudos de caso	40%	45%	15%
Discussões	10%	50%	40%
Dinâmicas	50%	40%	10%
Computadores	65%	10%	25%

Fonte: Barreiro e Bozutti (2017)

Os autores apontam que isso vai contra as novas tendências de ensino, como a ABP, uma vez que os principais recursos listados usados em aulas práticas, como dinâmicas, estudos de caso e computadores são dificilmente usados pelos professores.

Ainda dentro da mesma pesquisa, outra pergunta respondida pelos professores e que se mostra relevante para o estudo deste tema foi relativa aos problemas encontrados na educação à engenharia. Os resultados são encontrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Problemas no ensino à engenharia

Problema no ensino à engenharia	Porcentagem de resultados
Associar prática com teoria	30%
Falta de comprometimento	26%
Baixo desempenho no ensino médio	26%
Desinteresse nas disciplinas	9%
Pouca carga de trabalho	4%
Pouco tempo de estudo	4%

Fonte: Barreiro e Bozutti (2017)

Por fim, foi pedida a opinião dos professores quanto à melhor metodologia de ensino para a engenharia nos dias de hoje. Em primeiro lugar, a realização de práticas (sendo citada sete vezes) ganha com folga das outras opções (Tabela 3), sugerindo que há, de fato, interesses por parte dos docentes de tentar estabelecer uma conexão entre prática e a teoria ensinada em sala de aula.

Tabela 3 – Melhores metodologias no ensino à engenharia

Metodologia	Mencões
Realização de Práticas	7
Uso frequente de recursos tecnológicos	3
Proposta de desafios para tomada de decisão	2
Solução de problemas	2
Projetos	2
Ajuda com baixo desempenho no Ensino Médio	2
Estudos de caso	1
Metodologia PBL	1
Foco em características da Geração Z	1

Fonte: Barreiro e Bozutti (2017)

2.2 Lean Manufacturing

2.2.1 Definição e Origem

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão também conhecida como modelo de Manufatura Enxuta ou Sistema Toyota de Produção. Segundo Shingo (1996), este sistema consiste na identificação e na eliminação das perdas e na redução dos custos nos processos de produção de uma empresa.

Para Womack e Jones (1998 *apud* GODINHO FILHO e FERNANDES, 2004), a Manufatura Enxuta pode ser adotada dentro de uma empresa com a finalidade de trazer metodologias que resultem em uma maior produção, com o menor esforço possível, sendo estas aplicadas no gerenciamento e organização dos relacionamentos da organização, sejam esses clientes, fornecedores ou outros, além do desenvolvimento de novos produtos e operações de manufatura.

Essa visão também é similar à de Bhasin e Burcher (2006), que definem o *Lean Manufacturing* como uma filosofia gerencial que foca na eliminação de qualquer fonte de desperdício dentro do processo produtivo com o intuito de reduzir o máximo seu *lead time* (tempo entre o momento do pedido feito pelo cliente até a sua entrega).

Segundo Shah e Ward (2002), a manufatura enxuta é uma abordagem multidimensional que compreende o uso de diversas ferramentas/práticas de gestão, como o conceito *just-in-time*, sistemas de qualidade, equipes de trabalho, manufatura em célula, gerenciamento de fornecedores, entre outros. Além disso, todas as ferramentas e práticas citadas devem funcionar como um sistema integrado que funciona sinergicamente a fim de gerar uma produção ao ritmo de sua demanda, com quase ou nenhum desperdício.

Godinho Filho (2004), por fim, tenta resumir as palavras de diversos autores ao definir a manufatura enxuta como um modelo estratégico e integrado de gestão, sob a visão de um paradigma estratégico. Para o autor, esta metodologia é utilizada por empresas a fim de alcançar objetivos de desempenho, através de princípios, fundamentos e ferramentas, tecnologias, metodologias, entre outros.

O conceito *Lean* nasceu no Japão, em meados da década de 1950, quando o país sofria os efeitos severos causados pela derrota na Segunda Guerra Mundial. Atuando em um país com uma economia em crise, demandas cada vez mais baixas e dentro de uma empresa prestes a decretar falência, Eiji Toyoda e Taiichi Onho, ambos da empresa automobilística

Toyota Motor Company, procuravam respostas que os ajudassem em uma possível recuperação (WOMACK *et al.*, 2004; IMAI, 1990).

Com a crescente ascensão da indústria automobilística americana, Onho parte para os Estados Unidos, a fim de conhecer as fábricas da *Ford Motor Company*, as quais seguiam um modelo de produção em massa. Sabendo que este tipo de manufatura em massa, caracterizado pela produção empurrada, pouca variedade de produtos e alto volume de produção, dificilmente iria funcionar no seu país de origem, Onho e Toyoda decidem adaptar as práticas americanas, adotando uma abordagem centrada na eliminação de desperdício e técnicas como a redução de estoques e produção em pequenos lotes (WOMACK *et al.*, 1992 *apud* GODINHO FILHO e FERNANDES, 2004).

Ohno (1997) afirma que com bons resultados e lucros na Toyota, após a aplicação deste novo modelo de manufatura, os sistemas de produção em massa começaram a entrar em defasagem. Assim, a filosofia Lean difundida e popularizada ao fim dos anos 80, passou a se destacar cada vez mais, gerando bons resultados de produtividade e qualidade. Logo, progressivamente, a procura de empresas pela adoção da metodologia Lean aumenta (STEFANELLI, 2007).

2.2.2 Tipos de desperdício

Womack e Jones (1992 *apud* ALBERTIN e PONTES, 2016), definem desperdício como qualquer atividade que consome recursos da organização, como matéria prima, mão de obra, energia, espaço físico, entre outros, mas não cria valor para o cliente final.

Já de acordo com Campos (2004), o desperdício é definido como todo e qualquer recurso gasto na execução de um produto ou serviço além do estritamente necessário, sendo um dispêndio extra que aumenta os custos normais do bem ou serviço sem trazer qualquer tipo de melhoria para o cliente.

Como visto na seção anterior, o *Lean Manufacturing* tem como um de seus focos a eliminação parcial ou total de desperdícios. Para análises e propostas de soluções, deve haver o conhecimento dos desperdícios que podem ocorrer em uma organização, os quais são classificados por Ohno (1997) em sete tipos diferentes:

- a) **Superprodução:** esse desperdício é caracterizado por produzir a mais do que o cliente absorve, gerando um excesso que se transforma em custos. É um desperdício muito comum e preocupante, pois pode ser a causa de outros desperdícios.

- b) **Estoque:** é resultado da superprodução e gera consequências graves para a empresa, como o aumento do *lead time*, tempo que uma peça leva para percorrer todo o processo produtivo, que está ligado diretamente com os giros de estoque de uma empresa. Portanto quanto maior o *lead time*, maior a quantia de dinheiro parado com estoques e conseqüentemente menos recursos para investimentos
- c) **Transporte:** desperdício gerado pela movimentação de peças, componentes, matéria-prima ou produtos acabados dentro da fábrica ou entre fábricas.
- d) **Movimentação:** diferentemente do desperdício de transporte, esse desperdício está ligado à movimentação dos operadores quando não estão em atividades que agregam valor para o produto, ou seja, atividades em que a matéria-prima não está sendo transformada em produto acabado
- e) **Defeitos:** defeitos geram retrabalho ou perda da peça e, em ambos os casos, isso acaba por gerar custos que não agregam valor ao cliente, portanto a produção enxuta prega em fazer certo da primeira vez
- f) **Processos desnecessários:** todo processo que não agrega valor para o cliente deve ser eliminado, como inspeções e verificações, pois utilizam recursos da empresa e não são revertidos em ganhos adicionais.
- g) **Espera:** o colaborador deve utilizar todo seu tempo realizando atividades que agregam valor, portanto o tempo gasto com espera é considerado um desperdício que deve ser eliminado.

2.2.3 Principais ferramentas

O *Lean Manufacturing* conta com um leque de opções de ferramentas e metodologias que impulsionam a melhoria por eliminação de desperdícios. Dito isso, selecionou-se as ferramentas consideradas relevantes para um maior entendimento sobre os conceitos desenvolvidos na proposta de jogo deste trabalho.

2.2.3.1 Just-in-Time

O sistema just-in-time, desenvolvido ainda dentro da *Toyota Motor Company* nos anos 60 está altamente relacionado com os recursos alocados para a produção dentro da empresa, visando aproveitá-los da melhor forma com o menor índice de desperdício possível,

estimulando a simplificação da produção e ajudando a identificar desperdícios e ineficiências ao longo de um processo produtivo (BRUUN; MEFFORD, 2003).

Slack, Chambers e Johnston (2009) afirmam que o conceito Just-in-time (JIT) pode ser definido como a movimentação rápida e coordenada de componentes ao longo do sistema de produção e rede de suprimentos para atender à demanda do consumidor. Os autores também defendem que a denominação *just-in-time* acaba por ser mais que apenas uma filosofia gerencial, funcionando como uma metodologia para planejamento e controle de operações.

Martins e Laugeni (2005) completam a afirmação acima, afirmando que o *just-in-time* não se preocupa só em eliminar desperdícios, mas também colocar o componente certo, no lugar certo e na hora certa, sendo um ritmo puxado pela necessidade de produção, totalmente ligada à demanda da empresa.

Para Erba *et al.* (2013), o sistema JIT acaba sendo um destaque dentro das ferramentas utilizadas pelo Sistema Toyota de Produção por ser um dos principais pilares da filosofia de produção enxuta, encorajando a produção com a menor quantidade de recursos e desperdícios possível. O Quadro 1 mostra esse e outros pontos fundamentais relacionados a filosofia JIT.

Quadro 1 – Fundamentos e técnicas da filosofia JIT

Just-in-time
Satisfazer as necessidades do cliente
Eliminar desperdícios
Melhorar continuamente
Envolver totalmente as pessoas
Organização e visibilidade

Fonte: Adaptado de Tubino (2000)

Tubino (2000) também lista como técnicas da filosofia JIT:

- a) Produção focalizada e puxada;
- b) Nivelamento da produção;
- c) Redução de *leadtimes*;
- d) Fabricação em pequenos lotes;
- e) Redução de *setups*;
- f) Manutenção preventiva;
- g) Polivalência;
- h) Integração interna e externa.

2.2.3.2 Fluxo contínuo

Rother e Harris (2002) defendem que um fluxo contínuo significa a realização das atividades necessárias para a produção de um produto ou prestação de um serviço sem interrupção, estoques em processamento e esperas, resultando assim em um atendimento aos clientes de forma mais eficiente e com menos perdas.

O estabelecimento de um fluxo contínuo que cesse as esperas presente no fluxo dos processos tem uma representação significativa de avanço, permitindo que cada peça percorra seu fluxo de fabricação sem interrupção, evitando esperas, formação de estoques intermediários e superprodução, reduzindo a movimentação e o transporte (SHINGO, 1996; CARREIRA e SOBRINHO, 2012)

Womack e Jones (2004) citam ações devem ser consideradas ao estudar o fluxo de um processo:

- a) Focalizar o produto do início ao fim do processo (após a definição do valor e o fluxo de valor);
- b) Ignorar as fronteiras, tais como, as divisões entre departamentos/empresas e atribuições funcionais, eliminando os obstáculos ao fluxo contínuo;
- c) Repensar as práticas e ferramentas de trabalho específicas (eliminar retro fluxos, sucata e paralisações de todos os tipos).

2.3 Simulação

2.3.1 Introdução

Simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação (PEDGEN *et al.*, 1990).

Banks (1998) conceitua a simulação como a imitação da operação de processos do mundo real ou sistemas ao longo do tempo, permitindo a inferência de características de operações do sistema real em estudo.

Já Sakurada e Miyake (2003) definem a simulação como uma ferramenta de apoio a tomadas de decisão que utiliza modelos para reproduzir sistemas em estudo e resolver problemas cuja solução analítica se mostre inviável.

Diante do crescimento, em nível de complexidade, dos problemas de Pesquisa Operacional, desde seus primeiros estudos, a simulação surgiu como uma resposta à carência de métodos de solução de problemas de natureza estatística (GAVIRA, 2003)

Ademais, atualmente, a Simulação é considerada a melhor técnica para estudar ou entender sistemas, pois contribui para uma análise da realidade sem muita dificuldade. (ABDURAHIMAN *et al.*, 2000).

2.3.2 Sistemas

Schmidt e Taylor (1970 *apud* LAW e KELTON, 2000) definem sistema como um conjunto de objetos, como pessoas ou máquinas que atuam e interagem com a intenção de alcançar um objetivo ou propósito lógico. Sendo esta definição extremamente relativa, fica claro que, na prática, o significado de sistema depende dos objetivos de cada estudo (LAW e KELTON, 2000).

Torga (2007) ressalta que um sistema pode estar inserido em um universo complexo no qual sua investigação deve ser detalhada a fim de buscar informações relevantes. Nesse contexto, Gordon (1978 *apud* BANKS *et al.*, 2004) afirma que um sistema pode ser afetado por mudanças que ocorram fora do próprio sistema, ocorrendo no que se chama de ambiente do sistema (Figura 1). Por isto é necessário definir quais os limites entre o sistema e o ambiente que o cerca.

Figura 1 – Representação de um Sistema



Fonte: Adaptado de OER (2016)

Banks *et al.* (2004) declara que para, de fato, entender e analisar um sistema, uma série de termos precisam ser definidos, como apresentados no Quadro 2:

Quadro 2 – Componentes de um Sistema

Termo	Definição
Entidade	Objeto de interesse no sistema
Atributo	Propriedade de uma entidade
Atividade	Período de tempo de duração especificada
Evento	Ocorrência instantânea que pode mudar o estado do sistema

Fonte: Adaptado de Banks *et al.* (2004)

Além disso, outro termo relevante é o estado de um sistema, que é conceituado por Law e Kelton (2000) como uma coleção de variáveis necessárias para descrever um sistema em determinado momento. O Quadro 3 então exemplifica este conjunto de termos para diferentes tipos de sistemas:

Quadro 3 – Exemplos de componentes de um Sistema

Sistema	Entidades	Atributos	Atividades	Eventos	Variáveis de Estado
Banco	Clientes	Saldo da conta bancária	Realizar depósitos	Chegada; partida	Número de caixas ocupados; número de clientes aguardando
Ferrovia	Viajantes	Origem; destino	Viajar	Chegada à estação; Chegada ao destino	Número de viajantes esperando em cada estação; número de viajantes em trânsito
Produção	Máquinas	Velocidade; taxa de quebra	Soldar; estampar;	Quebra	Status das máquinas (ocupada, ociosa ou quebrada)
Comunicações	Mensagens	Duração; destino	Transmitir	Chega ao destino	Número esperando para ser transmitido
Estoques	Armazém	Capacidade	Remoção	Demanda	Níveis dos estoques: demandas acumuladas

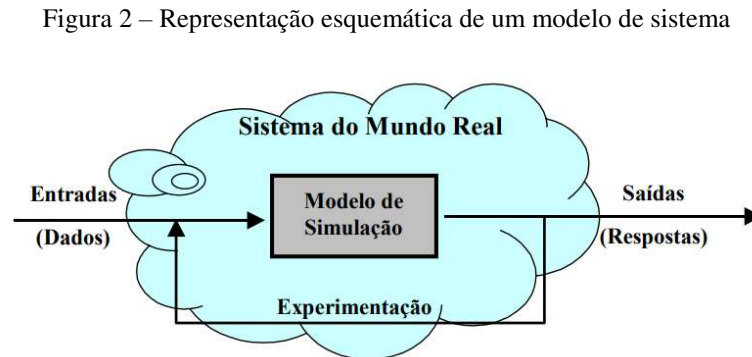
Fonte: Adaptado de Banks *et al.* (2004)

2.3.3 Modelos

Algumas vezes, é interessante estudar o sistema para entender as relações entre os seus componentes ou para prever como o sistema irá operar sob uma política diferente (BANKS *et al.*, 2004). Nesta óptica, Biscotto (2008) aponta que devido às consequências dessas alterações em sistemas reais e da inviabilidade econômica, nem sempre é possível colocar em prática modificações experimentais no próprio sistema.

Um modelo pode ser definido como a representação de um sistema com o intuito de estudar este sistema. Sendo por definição, uma simplificação do sistema, um modelo deve ser suficientemente detalhado para que seja possível ter conclusões válidas sobre o sistema real

(BANKS *et al.*, 2004). A Figura 2 mostra este processo de modelagem dentro de um sistema real:



Fonte: Freitas Filho (2008)

Sistemas podem ser classificados de diversas formas, uma destas é relativa à aleatoriedade: modelos de simulação podem ser considerados determinísticos ou estocásticos: Em modelos determinístico, os dados de saída são “determinados” uma vez que os dados de entrada e relações são especificados, não contendo nenhum componente probabilístico. Já modelos estocásticos produzem dados de saída aleatórios, devendo, então, serem tratados como estimativas do modelo real (LAW e KELTON, 2000).

2.3.4 Vantagens e desvantagens

Shannon (1998) cita algumas vantagens do uso da simulação:

- a) Possibilidade de testar novos leiautes, novos projetos, etc. sem comprometer recursos para a implantação;
- b) Pode ser utilizada para explorar novas políticas de estoque, procedimentos operacionais, regras de decisão, fluxo de informações, etc. sem interrupção do sistema real;
- c) Permite o controle do tempo, uma vez que se pode executar o modelo da operação sistema por vários meses ou anos em questão de minutos, permitindo uma rápida análise ao longo do tempo ou desacelerar um fenômeno para compreendê-lo melhor;
- d) Permite identificar gargalos no fluxo de informações, materiais ou produtos e testar opções para aumentar a taxa de fluxo;

- e) Permite adquirir conhecimento sobre como um sistema modelado realmente trabalha e compreender quais variáveis são importantes para o desempenho.

Em relação às desvantagens da simulação, Law e Kelton (2000) citam:

- a) A Simulação provém somente estimativas das características reais de um modelo para um dado conjunto de parâmetros. Um modelo analítico, se aplicável, pode originar resultados exatos para as diversas características.
- b) Os estudos são em geral caros e demandam tempo para serem desenvolvidos
- c) A grande quantidade de informações geradas e o apelo visual podem conferir à Simulação uma confiança exagerada. Deve-se ressaltar que os resultados de um modelo inválido não possuem qualquer significado.

2.3.5 Uso da Simulação no Ensino a Engenharia

Zhou *et al.* (2009) descrevem o currículo de cursos de Engenharia como abstrato para estudantes de graduação, uma vez que estão bastante relacionados com trabalhos e práticas que não são vistos com frequência em sala de aula, mas são amplamente usados nas indústrias. Além disso, o autor sugere a necessidade da simulação computacional para superar estes problemas, mostrando que esta é uma poderosa ferramenta para a educação.

Outros problemas ligados ao processo de formação em Engenharia podem ser listados, como a alienação dos estudantes no ciclo básico, a ausência de integração entre teoria e prática e a dificuldade em promover conhecimentos fora da área técnica e científica da estrutura curricular (RIBEIRO, 2008).

Ademais, Khalil (2013) ressalta a preferência de alunos por modelos de aula mais dinâmicos, visto a crescente interatividade dos jovens com o computador, reafirma o leque de possibilidades da simulação quando trabalhada no desenvolvimento e análises de cenários, além de retratar o uso da simulação na educação como de imensa utilidade, criando interatividade, dinamismo e maior compreensão dos conteúdos que são repassados em sala de aula.

O apelo da simulação como ferramenta de ensino também é notado por meio de pesquisas que puderam mensurar o impacto de diferentes mídias na retenção de conteúdo. Alunos tem a capacidade de reter aproximadamente 20% do que ouvem em sala de aula, 30% caso haja conteúdo visual relativo e quase 90% caso pratiquem por si mesmos o que está sendo explicado (ZHOU *et al.*, 2009)

Fica claro então que uma das maneiras de tornar o aluno mais ativo em seu processo de aprendizado é por meio do uso da simulação, em especial em cursos como os da área de Engenharia.

2.3.6 Flexsim

Atualmente, há diversos *softwares* de simulação no mercado, dos quais destes, destaca-se o *Flexsim*, descrito por Nordgren (2003) como “um ambiente software orientado por objetos usados para desenvolver, modelar, simular, visualizar e monitorar atividades e sistemas de processo de fluxo dinâmico.” Pawlewski *et al.* (2012) cita como motivos para a escolha do *Flexsim* como ferramenta de trabalho a sua interface amigável, a arquitetura aberta, fácil conceito de modelagem e escalabilidade. Ademais, os autores prezam a fácil visualização do modelo dentro do *software*, o que auxilia para que o usuário tenha um melhor entendimento das relações do processo.

Beaverstock e Greenwood (2011) apontam a usabilidade do *Flexsim* como uma de suas principais vantagens, principalmente para o educador que acaba por ganhar mais tempo para focar na teoria relevante e em aplicações práticas dentro da sala de aula, uma vez que o tempo ensinando a trabalhar dentro do software é reduzido, permitindo que os que alunos explorem seus recursos e se mantenham interessados.

Nordgen (2003) afirma que o *Flexsim* traz uma abordagem de modelagem e simulação totalmente nova que o diferencia da maioria dos simuladores atualmente. O software conta um ambiente de trabalho 3D desenvolvido, bibliotecas de objetos padronizados e animações robustas. Ressalta-se também o poder de customização inclusa, que permite o usuário modificar, adaptar e desenvolver modelos 100% personalizados, sendo útil em diversos nichos de mercado.

2.4 Aprendizagem Baseada em Problema (ABP)

2.4.1 Definição e Origem

Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), do inglês *Problem-Based Learning* (PBL), é uma estratégia de aprendizagem centrada no aluno criada, em um primeiro momento, com o intuito de reunir pequenos grupos de alunos e colocá-los em papéis de profissionais, apresentando-os problemas desestruturados, confusos e mais próximos da realidade para que

os discentes sejam guiados pelo processo de solução do problema, desenvolvendo habilidades, atributos e conhecimentos específicos (YUSOF *et al.*, 2005).

Segundo Tasir *et al.* (2005), a ABP é uma saída para os educadores conseguirem tornar o aprendizado e estruturas curriculares mais interessantes para os alunos. Para os autores, isso é atingido ao estimular os alunos a entenderem e analisarem o problema que lhes é proposto de diversas perspectivas, podendo esta reflexão ser feita individualmente ou até mesmo em grupos.

Pode-se dizer ainda que a metodologia ABP segue um modelo colaborativo, construtivista e contextualizado para incentivar a construção de conhecimentos, promovendo, além disso, habilidades de solução de problemas, trabalho em grupo, etc. (SCHMIDT, 2001 *apud* RIBERO, 2005). Ressalta-se que os conhecimentos gerados por meio deste processo são de fato relevantes, uma vez que os problemas expostos são significativos ao passo que mostram a realidade a qual os alunos poderão presenciar em sua vida profissional (RIBEIRO, 2008).

Etherington (2011) define a ABP como uma ferramenta que empodera ambos alunos e professores, visto que incentivar a estudantes trabalharem em problemas desenvolvidos pelos seus stakeholders acaba por expandir as oportunidades de aprendizado para todos os envolvidos. O mesmo autor descreve o processo tendo como personagens principais os estudantes que são confrontados com problemas e cenários baseados na vida real, sendo necessária a procura por uma solução. Tais problemas geralmente têm uma estrutura confusa, para que assim não exista um caminho claro a se seguir, para que, assim, o discente seja forçado a analisar o problema com outras visões e raciocínios indutivos e dedutivos.

Barrows (1980 *apud* YUSOF, 2005) situa o método PBL tendo origem em 1969, quando o curso de Medicina da *McMaster University Faculty of Health Sciences* introduziu esta metodologia a sua estrutura curricular, sendo o PBL uma ação para “garantir uma abordagem multidisciplinar na educação de médicos, além de promover a solução de problemas.”

Esta ação foi realizada também no intuito de corrigir uma série de problemas enfrentados pelos cursos de Medicina na época. Boud e Feletti (1997) descrevem o antigo cenário da educação médica como lotado de aulas de ciência básicas, as quais eram seguidas por programas de ensino clínico igualmente exaustivos. Em consequência, este modelo de ensino acabou por se tornar, além de desumano, ineficaz, visto que o cenário da profissão estava se atualizando rapidamente com novas tecnologias e novas demandas.

Em resumo, as divergências entre os métodos de aula tradicionais e a metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas são claras e notadas por diversos autores. Algumas delas podem ser encontradas expostas no Quadro 4.

Quadro 4 – Diferenças entre método tradicional e método ABP

Aulas tradicionais	ABP
Estrutura curricular prescritiva	Estrutura curricular experimental
Parte da perspectiva do professor	Parte da perspectiva do aluno
Linear e racional	Coerente e relevante
Organização é feita da parte para o todo	Organização é feita do todo para a parte
Professor é fonte de transmissão para o aluno	Professor é meio de facilitação para o aluno
Aprendizagem feita recebendo conhecimento	Aprendizagem feita construindo conhecimento
Ambiente estruturado	Ambiente flexível

Fonte: Adaptado de Ribeiro (2008)

2.4.2 Relações com o construtivismo

Diante do contexto apresentado na seção anterior, é possível fazer uma conexão entre a metodologia ABP e os principais princípios do construtivismo, fundado por Jean Piaget, que descreve o conhecimento humano como sendo construído pelos indivíduos e relações sociais (PHILLIPS, 1995 *apud* KEMP, 2011).

A visão piagetiana trata o conhecimento como resultado de uma relação sujeito-objeto, a qual vira condição para que o sujeito construa novas estruturas: A pessoa busca alcançar um tipo de objetivo através da manipulação de informações e articulação de diferentes pontos de vista. Deste modo, as atividades realizadas pelo sujeito e suas significações são encaradas como as principais responsáveis pela aquisição de conhecimento sobre a realidade (MACEDO *et al.*, 2000).

Quanto à esta lógica, Dorneles e Macedo (1994 *apud* MACEDO *et al.*, 2000) afirmam que o conhecimento não é dado *a priori*, ou seja, o indivíduo não nasce com ele, apenas com a possibilidade de adquiri-lo, sendo o conhecimento obra de construção social (acumulado ou produzido pelas pessoas de uma sociedade) ou construção individual (feito pessoa por pessoa), porém não sendo diretamente transmissível.

Na visão de Yusof *et al.* (2005), a metodologia ABP pode ser considerada uma realização prática da filosofia construtivista, ao passo que a abordagem da ABP encoraja o aprendizado autodirigido e a construção de conhecimento, a avaliação de interpretações pessoais contra a de outras pessoas e a reestruturação cognitiva.

Savery e Duffy (1995) listam princípios de instrução que podem guiar práticas de ensino, baseados em conceitos do construtivismo:

- a) Relacionar todas as atividades de aprendizado a uma tarefa ou problema maior: O aprendizado deve ter um propósito além da sala de aula. O aluno deve perceber e aceitar a relevância do conteúdo da atividade para um complexo maior;
- b) Dar suporte ao aluno para que este desenvolva senso de dono pelo problema;
- c) Desenvolver atividades autênticas: O pensamento requerido pela atividade deve ser coerente com as demandas cognitivas relacionadas com o ambiente para qual o aluno está sendo preparado;
- d) Desenvolver as atividades e ambiente de aprendizagem para que estes reflitam a complexidade do ambiente que os alunos irão se deparar ao fim do aprendizado;
- e) Dar suporte ao aluno para que este desenvolva senso de dono pela solução do problema: O papel do professor deve ser desafiar o pensamento do aluno, e não ditar ou tentar pré especificar métodos de soluções, o que acaba por diminuir o engajamento dos alunos;
- f) Desenvolver o ambiente de aprendizagem para apoiar e desafiar o pensamento do aluno;
- g) Encorajar o teste e debate de ideias contra visões e contextos diferentes: A importância de uma comunidade de aprendizagem, onde ideias são discutidas e a compreensão é enriquecida, é fundamental no desenvolvimento de um ambiente de aprendizagem eficaz;
- h) Proporcionar e apoiar a reflexão sobre o conteúdo aprendido e o processo de aprendizagem.

2.4.3 Vantagens

Ribeiro (2008) cita como uma vantagem do uso da metodologia ABP a possibilidade de o aluno desenvolver certas habilidades e atitudes necessárias para profissionais de todas as áreas, como comunicação oral e escrita, trabalho em grupo e respeito por opiniões diversas de terceiros.

Silvestre *et al.* (2010) afirma que a ABP estimula o desenvolvimento do senso crítico do aluno, permitindo um foco maior no aluno, que se estabelece como personagem principal deste processo. O autor também reforça o fato da metodologia integrar uma série de fundamentos teóricos que são aprendidos na prática.

Outra vantagem da Aprendizagem Baseada em Problemas citada por Ribeiro (2008) é a estimulação da colaboração entre os alunos impactados pela metodologia e os respectivos docentes, criando, assim, um ambiente saudável e uma relação de camaradagem entre aluno e professor.

Williams, Iglesias e Barak (2008) citam, dentre outras características positivas da ABP, a chance de o aluno refletir sobre o seu próprio processo de aprendizagem, inferindo pontos relevantes sobre a experiência que obteve, as dificuldades que foram encontradas durante o processo, além de possíveis correções.

No tocante à administração institucional, Riberio (2008) destaca que a ABP pode ajudar discentes a analisarem e identificarem mais facilmente a sua compatibilidade com a área profissional que estão estudando, dispensando a necessidade de esperarem momentos de prática, como um estágio, por exemplo. Assim, um redirecionamento de carreira pode ser feito de maneira mais fácil e rápida. Ainda sobre o mesmo tópico, o autor cita a metodologia ABP como um artifício para evitar a grande evasão de alunos durante os primeiros anos no ensino superior, que inclui o “ciclo básico” das tradicionais estruturas curriculares, onde os alunos tendem por se sentir muitas vezes desmotivados pela falta de contato com atividades práticas e direcionadas.

2.4.4 Uso da ABP no Ensino a Engenharia

Silva, Pinto e Subramanian (2007), em artigo, exaltam os softwares de simulação quando usados como ferramenta pedagógica dentro da Engenharia de Produção. Sabendo do poder de recursos interativos na apresentação de conteúdos dentro de um ambiente de aprendizagem, a simulação viabiliza uma ilustração clara para os alunos do que está sendo aprendido: A utilização de animações computacionais se mostra um ponto forte uma vez que promove uma maior compreensão de conceitos teóricos da estrutura curricular através de situações práticas. O estudo feito pelos autores, dentro da Universidade Federal da Paraíba conta o desenvolvimento e aplicação de um jogo criado a partir do software de simulação Arena com finalidade de servir de recurso didático para o ensino de conceitos referentes a fluxo de processos produtivos, com enfoque nos problemas relacionados a recursos gargalos e tamanhos de lote de produção, ambos tópicos extremamente relevantes para o curso de Engenharia de Produção, mas que podem ser mal assimilado pelos alunos. Após a aplicação, foi observado que, de fato, a ferramenta de simulação ampara o entendimento de problemáticas, como o

comportamento de um sistema de produção, através da visualização das ações e consequências dentro do jogo.

Outra aplicação da ABP dentro da Engenharia foi realizada por Costantino *et al.* (2012), contemplando a proposta de um novo jogo de simulação para impulsionar o ensino de conceitos de Gestão da Produção, como utilização da capacidade e planejamento de manutenção. Situado em um ambiente de sistema de produção simulado, o jogo, dividido em duas partes, encorajava os estudantes a tomarem uma série de decisões, que seriam utilizadas para avaliar o progresso de aprendizagem, além da real efetividade do jogo. Os autores notam, em um primeiro momento, a dificuldade dos estudantes quanto a assimilação de conteúdo relacionado à disciplina de Gestão da Produção devido a sua complexidade e falta de contato prático, o que, por consequência, gera uma falta de preparo quanto a habilidades essenciais ao mercado e a profissão. Por fim, apesar do jogo ter sido usado em apenas uma sessão, os estudantes mostraram uma resposta positiva.

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

Há diversas formas de classificar pesquisas, de acordo com diferentes pontos de vistas. As classificações se dividem principalmente em quatro visões clássicas: natureza, abordagem do problema, objetivos e procedimentos técnicos.

Do ponto de vista de sua natureza, o atual trabalho classifica-se como uma pesquisa aplicada, por objetivar gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos, tendo como característica fundamental o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas do conhecimento (SILVA e MENEZES, 2005; GIL, 2008).

Quanto a abordagem do problema, é possível classificar o trabalho como uma pesquisa qualitativa. Isso é justificado ao passo que deve ser considerada a existência de um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. Assim, os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente (SILVA e MENEZES, 2005).

Do ponto de vista de sua natureza, o trabalho foi classificado como uma pesquisa descritiva por objetivar a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 2008).

Por fim, em relação aos procedimentos técnicos, classificou-se a pesquisa como do tipo pesquisa-ação, uma vez que houve envolvimento dos pesquisadores e dos pesquisados no processo de pesquisa, seja de modo cooperativo ou participativo, para a solução de um problema coletivo (GIL, 2008).

3.2 Etapas da pesquisa

A pesquisa pode ser, então, dividida em quatro etapas principais, como abordado na Figura 3, sendo estas então discutidas e aprofundadas em próximas seções deste trabalho.

Figura 3 – Etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

3.2.1 Revisão Bibliográfica

Foram realizadas, para esta fase inicial, extensas pesquisas sobre a filosofia Lean Manufacturing, a fim de entender mais afundo sua origem, abordagem, princípios, aplicações e importância no cenário atual. Para isto, consultou-se diversos livros e artigos relacionados ao tema, assim como jogos que tratassem o ensino da manufatura enxuta.

Quanto ao uso de jogos no ensino, procurou-se diversos artigos que trouxessem aplicações reais que contemplassem técnicas de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) principalmente na área de engenharia. Além disso, foram estudados os benefícios, dificuldades e peculiaridades de cada aplicação.

Por fim, no tocante ao tema Simulação, deu-se preferência por artigos e outros textos relevantes publicados nas principais conferências internacionais como o *Winter Simulation Conference*, buscando por *cases* envolvendo o ensino através da simulação, além de novidades na área que pudessem ser utilizadas no desenvolvimento do jogo.

3.2.2 Desenvolvimento do jogo proposto

Em um primeiro momento, foram estudados diversos jogos envolvendo conceitos da Engenharia de Produção já existentes no mercado, os quais seriam considerados como base para o problema principal abordado na proposta do jogo deste trabalho. Entre os jogos encontrados, optou-se pelo jogo de tabuleiro *Manufatura*, desenvolvido pela empresa brasileira *Games For Business* e lançado em 2009.

O *Manufatura* simula o processo produtivo de uma fábrica fictícia que apresenta deficiências na capacidade de produção, problemas envolvendo a qualidade de seus produtos e condições precárias de funcionamento. A dinâmica ocorre com até quatro jogadores que, então, realizam o papel de presidentes de suas respectivas fábricas. Tendo como objetivo tornar o processo de produção mais fluído e vender seus produtos ao menor preço, o jogo aborda diversos temas importantes encontrados no *Lean Manufacturing* e no curso de Engenharia de Produção, como a alocação de recursos, agregação de valor para o cliente, análise de custos e a eliminação de desperdícios de tempo, material e pessoas.

O jogo conta com fichas de planta de fábrica, fichas de controle financeiro, peças representativas de produtos, além de cartas-situações que contêm diversas circunstâncias aleatórias benéficas ou maléficas para o andamento da produção, trazendo maior dinamismo ao jogo. Vence o jogo quem ao final de todas as rodadas, possuir o maior lucro. Para isso, o jogador

deverá elaborar estratégias que o possibilite produzir uma maior quantidade, mais rápido, com a melhor qualidade e com menor custo.

A escolha do jogo se deu pela preferência a um processo produtivo o qual fosse possível utilizar as ferramentas do *Lean Manufacturing* sem grande necessidade de conhecimentos prévios, além da dinâmica do jogo ter sido elogiada por alunos que já tiveram contato com o jogo de tabuleiro.

Tendo definido o jogo base, partiu-se então para a fase de adaptação da dinâmica para o programa de simulação *Flexsim*. Uma vez que pôde-se aproveitar grande parte das etapas usadas no jogo original, o foco durante a etapa de desenvolvimento pré-modelagem foi para ajustes e melhorias para que o fluxo do jogo ocorresse da melhor forma possível no *software*.

Uma versão *beta* do jogo virtual foi produzida em 2017, sendo testada em 2 ocasiões, obtendo-se resultados satisfatórios, além de coleta de opiniões e sugestões que pudessem contribuir para melhoras feitas na versão final do jogo. Com estas aplicações foi possível gerar no mesmo ano uma publicação no maior evento nacional da área de Engenharia de Produção, o ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção.

3.2.3 Aplicação do jogo proposto

As aplicações do jogo em sua versão finalizada se deram no semestre letivo de 2019.1, contando com participação de 17 alunos do curso de Engenharia de Produção que tiveram a oportunidade de fazer parte do experimento em 3 diferentes ocasiões. Os discentes foram divididos em diferentes equipes (empresas), como mostrado na Tabela 4.

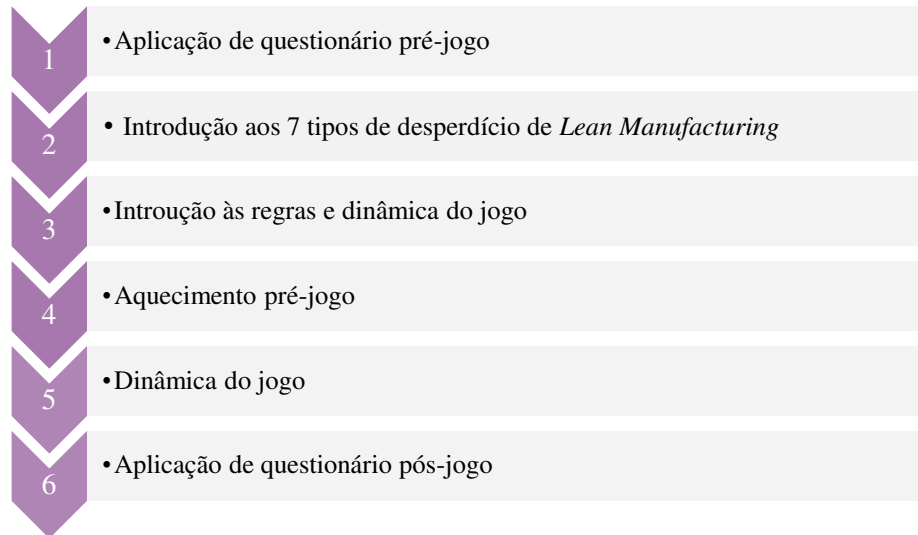
Tabela 4 – Divisão de equipes

Turma	Empresa	Quantidade de Alunos
#1	1	2
#1	2	2
#1	3	2
#1	4	1
#2	5	2
#2	6	1
#2	7	2
#2	8	1
#3	9	1
#3	10	1
#3	11	1
#3	12	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Cada aplicação teve uma duração média de 1 hora e 30 minutos, na qual seguia-se a seguinte programação, como visto na Figura 4.

Figura 4 – Etapas de uma aplicação do jogo proposto



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Em um primeiro momento, um questionário pré-jogo (Quadro 5) foi aplicado com todos os alunos para entender melhor, entre outras coisas, seus conhecimentos sobre *Lean*, simulação e ABP, além de opiniões sobre o processo de aprendizagem em seus cursos de graduação. Após isso, é feita uma rápida introdução sobre os 7 tipos de desperdício considerados pela filosofia *Lean*, além da introdução sobre o processo do jogo.

Quadro 5 – Questionário pré-jogo

Número	Pergunta/Afirmação
1	Meu nível de Conhecimento quanto ao Tema Simulação
2	Meu nível de Conhecimento quanto ao Tema Lean Manufacturing
3	Meu nível de Conhecimento quanto ao Tema Aprendizagem Baseada em Problema
4	O processo de aprendizagem no meu curso ocorre de maneira passiva
5	Durante meu período como aluno já tive muitas experiências em que fui protagonista do meu aprendizado
6	Acredito que o uso de recursos tecnológicos ajudaria no meu processo de aprendizagem
7	Acredito que o uso de jogos podem ser úteis para o processo de aprendizagem em cadeiras do meu curso

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Logo, os jogadores foram convidados para um aquecimento pré-jogo, participando de 2 rodadas-teste para entender melhor a dinâmica do jogo, que é aplicada logo após essa etapa. A dinâmica tem um total de 10 rodadas e ao fim é feita uma nova coleta de dados a partir de um novo questionário (Quadro 6), focado nas opiniões sobre o jogo e o *software*, além de um espaço livre para sugestões.

Quadro 6 – Questionário pós-jogo

Número	Pergunta/Afirmação
1	O jogo contribuiu para o melhor entendimento da filosofia de gestão Lean.
2	Como resultado desse jogo, meu interesse e curiosidade sobre Lean aumentaram
3	Como resultado desse jogo, meu interesse e curiosidade sobre o software Flexsim aumentaram
4	O jogo permite pôr em prática conceitos vistos no meu curso de graduação
5	Acredito que eu teria um melhor desempenho se a empresa estivesse apenas sobre meu comando
6	O jogo é fácil de ganhar
7	O jogo depende muito dos dados iniciais de matéria prima
8	O jogo possui rodadas suficientes
9	As melhorias disponíveis para compra são de grande ajuda para o sucesso no jogo
10	As instruções dadas via PowerPoint são suficientes para um entendimento inicial
11	Meu conhecimento prévio de assuntos do curso me ajudou durante o jogo
12	Durante as rodadas do jogo, percebi que tentei elaborar estratégias para o sucesso da empresa
13	Durante a aplicação do jogo, tomei decisões baseadas nos meus recursos
14	O jogo é dinâmico

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

3.2.4 Avaliação dos resultados

Realizada a aplicação dos questionários com os alunos, os dados foram inseridos em planilhas eletrônicas e tratados em gráficos, em sua maioria, do tipo coluna e pizza, dependendo do tipo da pergunta.

Enquanto as primeiras perguntas do questionário pré-jogo, relacionadas ao nível de conhecimento dos alunos a diversos temas, são respondidas de acordo com uma escala

Nenhum-Alto, grande parte do questionário traz afirmativas para que o estudante as responda de acordo com a escala Likert:

- Discordo totalmente
- Discordo parcialmente
- Indiferente
- Concordo parcialmente
- Concordo totalmente

Assim, foi possível pontuar as opiniões dos alunos sobre diversos aspectos, tanto do jogo em si quanto dos temas abordados neste trabalho, permitindo a criação de hipóteses e *insights* que sustentem a proposta do jogo de ser de fato uma ferramenta de apoio ao ensino de *Lean* tendo como base os princípios da Aprendizagem Baseada em Problema usando a Simulação Computacional.

4 DESENVOLVIMENTO

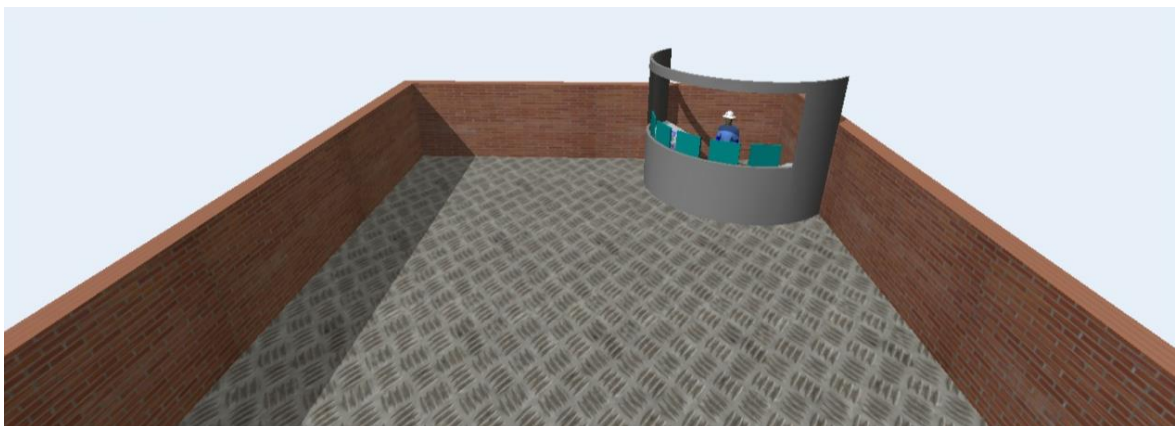
4.1 Construção do problema no *software Flexsim*

Na modelagem do jogo, focou-se primeiramente na construção do ambiente virtual do jogo. Visto que o jogo original não traz uma planta completa da fábrica que mostre a disposição dos objetos ou recursos, pôde-se trabalhar livremente em um novo *layout* no *software*. Deu-se preferência por uma estética industrial, mas que ao mesmo tempo fosse interessante o suficiente para os jogadores.

Com a possibilidade de utilizar objetos criados em outros programas de modelagem 3D externos ao *Flexsim*, como por exemplo o programa *Sketchup*, tem-se maior liberdade na criação de um ambiente mais lúdico e personalizado para quem está jogando, não deixando o jogo preso apenas aos visuais básicos do *software Flexsim*. Além disso, isto abre portas para possíveis adaptações no futuro.

Tendo o ambiente inicial criado de acordo com a Figura 5, a próxima etapa de modelagem contou com o uso de objetos da biblioteca padrão do *Flexsim*, tais como *Sources* (permite a entrada de entidades), *Processors* (processadores), *Queues* (estoques/filas) e *Sinks* (permite a saída de entidades), sendo estes itens interligados entre si de acordo com o fluxo do processo produtivo planejado para o jogo, como mostrado na Figura 6.

Figura 5 – Ambiente físico da fábrica



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Figura 6 – Ambiente e seus recursos interligados



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Ressalta-se que o *Flexsim* disponibiliza a possibilidade de programação dentro do programa, através de uma linguagem própria de programação conhecida como *Flexscript* (Figura 7), similar à linguagem tradicional C++, permitindo o desenvolvimento de modelos de simulação cada vez mais completos e que atendam plenamente às necessidades do usuário.

Figura 7 – Exemplo de código escrito em Flexscript

```

DashboardButton156 - Dashboard Control Trigger
1 /**Custom Code*/
2 treenode link = node("../objectfocus+", c);
3 settablenum("EstoqueFinal", rodada, 1, content(node("Estoque Final", model())));
4 //settablenum("Custos e Receita", 6, 2, (gettablenum("Custos e Receita", 1, 2)+gettablenum("Custos e Receita", 1, 3)));
5 //settablenum("Custos e Receita", 11, 3, (gettablenum("Custos e Receita", 1, 3)+gettablenum("Custos e Receita", 1, 11)));
6 settablenum("Custos e Receita", 11, 11, (gettablenum("Custos e Receita", 1, 11)+gettablenum("Custos e Receita", 1, 11)));
7 //dado1=gettablenum("Custos e Receita", rodada, 11);
8 //dado2+=dado1;
9 //settablenum("Custos e Receita", 11, 11, dado2);
10 openoutput(node("Qualidade1", model()));
11 openoutput(node("Qualidade2", model()));
12 openoutput(node("Qualidade3", model()));
13 applicationcommand("dashboard", rank(node("/Tools/Dashboards", model()), 2));
14 if (materiaPrima>0)
15 {
16 openoutput(node("EstoqueMateriaPrima", model()));
17 openinput(node("Teste1", model()));
18 openoutput(node("Teste1", model()));
19 }
20 if (evento1==15)
21 {openoutput(node("Extra", model()));
22 settablenum("Extras", 1, 1, 3);}
23

```

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

O uso da linguagem *Flexscript* foi essencial para o desenvolvimento do jogo, uma vez que esta conseguiu interligar diversas variáveis globais, restrições e comandos necessários para o andamento do jogo dentro do *software*.

A criação de variáveis globais, na Tabela 5, é essencial ao passo que grande parte das ações feitas pelos jogadores serão dependentes destas. Por exemplo, a variável “rodada” será automaticamente atualizada para que os dados financeiros sejam atribuídos corretamente para cada período do jogo, assim como as variáveis “preço1” e “vendido1”.

Tabela 5 – Exemplos de variáveis e suas descrições

Variável	Descrição
“preço1”	Preço atribuído ao produto produzido na rodada X
“vendido1”	Quantidade de produtos que serão vendidos na rodada X
“rodada”	Número da rodada (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)
“lucrototal”	Lucro total do jogador após X rodadas

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Criado o ambiente da fábrica fictícia, junto com todos os recursos incluídos em seu processo produtivo conectados entre si, parte-se para a próxima etapa que foi a adaptação da ficha de acompanhamento financeiro do jogo, a fim de auxiliar os jogadores a manterem controle sobre seu histórico de atividades financeiras, como receitas e gastos.

Esta etapa foi resolvida dentro do próprio *Flexsim*, uma vez que o *software* permite a criação de tabelas globais, não havendo necessidade de levar os dados do jogo para programas externos como o *Microsoft Excel*, por exemplo. A Figura 8 mostra como o detalhamento do histórico financeiro de cada fábrica é mostrado dentro do *software*, alinhando dados como os custos relacionados a melhorias, compra de matéria prima adicional, custo de estoque, etc.

Figura 8 – Planilha de controle financeiro

	Estoque Final	Melhorias	Materia Prima	Retrabalho	Estoque	Outras	Custo Total	Vendidos	Preço	Receita	Lucro
Rodada 1	0.00	5.00	6.00	130.00	68.00	0.00	198.00	5.00	32.00	160.00	62.00
Rodada 2	20.00	10.00	24.00	97.00	95.00	0.00	212.00	7.00	24.00	378.00	166.00
Rodada 3	20.00	5.00	0.00	90.00	150.00	0.00	260.00	6.00	15.00	90.00	-170.00
Rodada 4	160.00	0.00	20.00	51.00	191.00	0.00	402.00	10.00	30.00	450.00	48.00
Rodada 5	60.00	10.00	12.00	17.00	240.00	0.00	317.00	5.00	52.00	335.00	18.00
Rodada 6	10.00	0.00	0.00	27.00	282.00	0.00	319.00	0.00	0.00	0.00	10.00
Rodada 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rodada 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rodada 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rodada 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total			62.00					33.00		1413.00	134.00

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Todos os dados são coletados com o decorrer do jogo ou inseridos pelo próprio usuário, como é o caso dos dados relacionados ao número de produtos vendidos e o preço ofertado em cada rodada. As colunas de Receita, Custo Total e Lucro são atualizadas automaticamente a partir de fórmulas pré-estabelecidas que fazem uso das variáveis já mencionadas anteriormente. Tais fórmulas são chamadas de comandos, dentro da linguagem *Flexscript*, como é possível visualizar no Quadro 7.

Quadro 7 – Exemplos de comandos no jogo

Comando	Fórmula em Flexscript
Definir a receita após venda de produtos	<code>settablenum("Custos e Receita",rodada,12,(preco1*vendido1))</code>
Definir lucro após o fim de uma rodada	<code>settablenum("C&R",rodada,13, (gettablenum("C&R",rodada,12)-gettablenum("C&R",rodada,9)))</code>

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Nesta óptica, é importante adicionar o jogo uma série de restrições, para evitar a ocorrência de *bugs* ou até mesmo trapaças. Mais uma vez, isto é corrigido com a ajuda de comandos criados dentro do *software*. O quadro 8 mostra, em pseudocódigo, as ações realizadas em decorrência de condições de erro.

Quadro 8 – Exemplos de restrições e suas consequências

Condições	Ação do jogo
Se (Número de produtos a serem vendidos > Produtos disponíveis no Estoque Final) ou (Preço de venda < 0)	Mensagem ("Aviso","Entre com outro valor válido!")
Se (Dinheiro disponível < Dinheiro necessário para compra de melhorias)	Mensagem ("Aviso","Você não possui dinheiro suficiente para esta melhoria!")

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

É importante ressaltar que um dos principais focos no desenvolvimento do jogo foi a sua navegação facilitada, para que os jogadores não acabassem por depender de conhecimentos prévios sobre o *software Flexsim*, tampouco sua programação interna ou simulação. Para solucionar este ponto, menus interativos foram pensados e criados dentro do próprio ambiente do jogo, ajudando assim a tornar todas as ações mais automatizadas, além de situar o jogador sobre dados importantes do processo produtivo, como visto na Figura 9.

Figura 9 – Menus interativos integrados ao jogo

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Além disso, botões de ajuda contendo informações e resumos de cada etapa do jogo foram adicionados e podem ser acionados a qualquer momento da dinâmica de acordo com a Figura 10.

Figura 10 – Mensagens de ajuda do jogo

Ajuda

Instruções:

O "Retrabalho" são os materiais que precisarão voltar para uma fase anterior do processo produtivo.

Os dados encontrados em "Matéria Prima" representam a quantidade de matéria prima de deixou de ser trabalhada em cada processo. Cada unidade gera um custo de estoque.

No "Estoque Final" está o número de produtos que o jogador conseguiu fabricar e em "Custo Total" pode-se analisar o valor da soma dos gastos da respectiva rodada.

De acordo com o valor obtido em "Estoque Final" e em "Custo Total", cada participante deverá estipular um preço para cada unidade do seu produto. Esse preço deve ser digitado em "Preço (R\$)".

Dessa forma, deve-se jogar o dado para determinar a demanda da rodada em andamento.

Assim, analisam-se os preços de cada participante. Quem possuir o menor preço terá prioridade nas vendas.

Após, as vendas do participante que possuir o menor preço, os outros jogadores podem vender seus produtos de acordo com o número de produtos que faltam para completar a demanda, sempre respeitando a ordem crescente dos preços oferecidos pelos participantes.

Com isso, no espaço de "Quantidade De Produtos Vendidos", você deve digitar a quantidade de produtos que você conseguiu vender na jogada em andamento, para que o seu lucro seja calculado! :)

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

4.2. O jogo proposto

4.2.1. O processo

Quanto aos processos que ocorrem dentro da fábrica, estes podem ser divididos em algumas etapas principais que incluem: Recebimento de matéria-prima, Processamento e Venda de Produtos de acordo com a Figura 11.

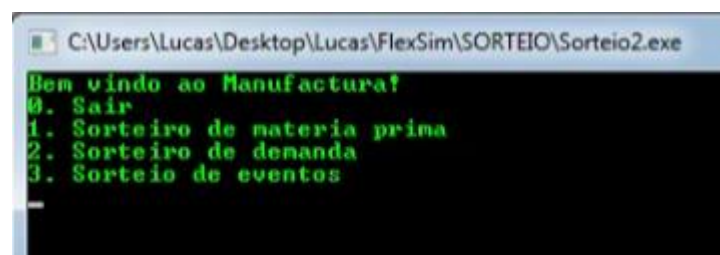
Figura 11 – Etapas dentro da fábrica



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Inicialmente, a fábrica recebe quantidades indeterminadas de matéria prima pelo seu fornecedor que serão divididas entre os estoques iniciais de seus 3 processos existentes. Este processo é feito por meio de um sorteio realizado em um simples programa externo, contando com códigos básicos da linguagem *Pascal* conforme Figura 12.

Figura 12 – Sorteio de matéria prima



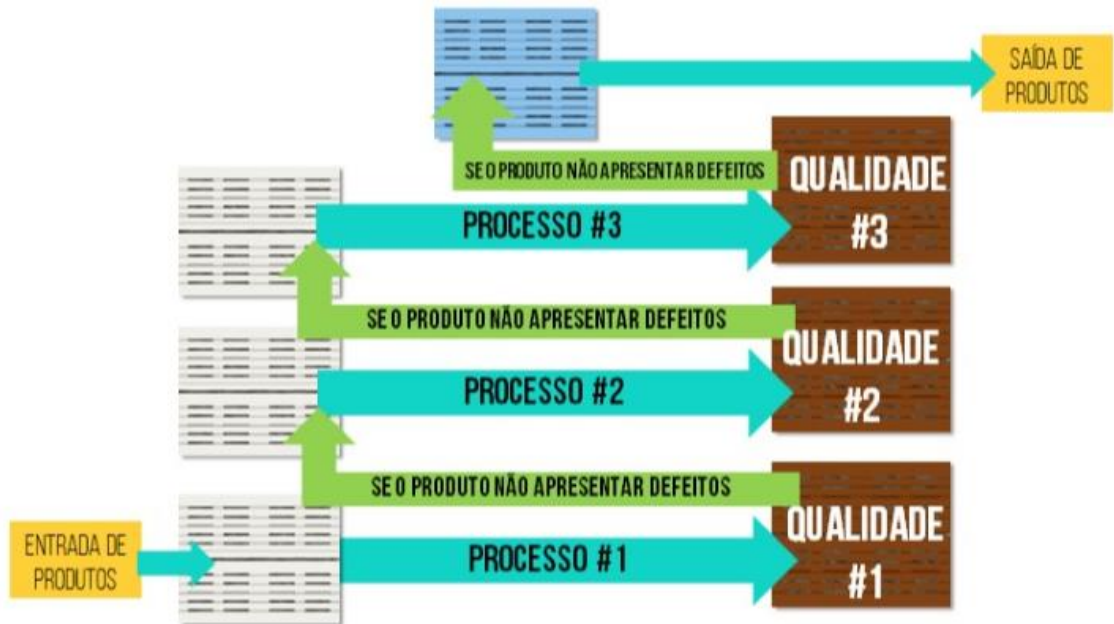
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Logo após o recebimento, inicia-se, então, a primeira rodada. Os insumos passarão por processadores instalados na fábrica, que possuem uma confiança duvidosa, além de estarem operando com capacidade reduzida. Logo depois, os produtos são avaliados pela equipe de qualidade. Por padrão, há apenas cerca de 30% de chance de o produto ser aprovado nesta etapa. Caso aprovados, os produtos seguem para a fila da próxima etapa de processamento.

O insumo segue esta lógica até, enfim, se tornar o produto final de consumo e ser transportado para o Estoque Final. Chegando lá, ao fim da rodada, este poderá ser vendido diretamente da fábrica para seus clientes, ao preço estabelecido pelo próprio presidente.

A Figura 13 mostra resumidamente o caminho realizado pelo insumo até ser tornar o produto final.

Figura 13 – Fluxo lúdico do processo realizado na fábrica



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

4.2.2. A competição

Com todas as etapas anteriores realizadas (escolha do jogo base, adaptação e construção do modelo no *Flexsim*), já é possível entrar no processo de definição da dinâmica do jogo: Como este será jogado pelos usuários e a competição que o envolverá. Tais pontos são essenciais para garantir uma boa aplicação e coleta de resultados.

O primeiro ponto a ser ressaltado é o aspecto de competição ser adicionado à dinâmica, a fim de prender melhor a atenção dos alunos: Um jogo individual (*one-player*) não necessita que o jogador esteja atento a tantos fatores. Assim, foi decidido que apesar dos jogadores estarem jogando através de diferentes computadores, eles ainda estarão competindo diretamente entre si, tentando gerar lucro em cima de uma mesma demanda.

Tendo em mente que um dos objetivos dentro do jogo é oferecer produtos ao menor preço, a precificação se torna um processo extremamente importante e interessante de se acompanhar. Esta é feita com auxílio da planilha de controle financeiro previamente mencionada. Ao fim de cada rodada, com apenas um clique, o usuário já pode atualizar os dados financeiros e conferir os custos formados durante o período.

O custo total de produção durante a rodada é uma somatória de diversos fatores: custo de estoque, custo de compra de matéria prima adicional, custo de retrabalho e outros custos diversos. Estes custos são detalhados no Quadro 9:

Quadro 9 – Custos relacionados a produção dentro do jogo

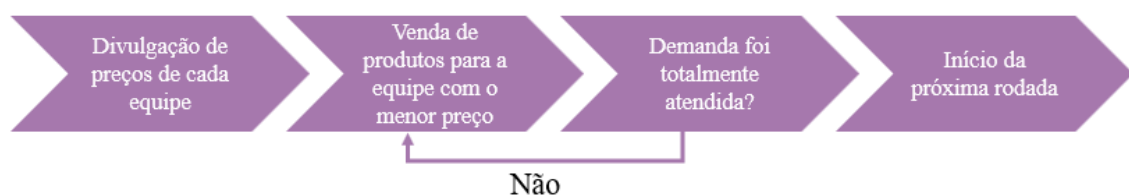
Tipo de Custo	Motivo
Custo de estoque	Produtos em processo que não conseguiram chegar ao estoque final ou não foram vendidos e devem ser estocados até a próxima rodada
Custo de compra de matéria prima	O jogador realiza compras de novos insumos para garantir que não haja falta de matéria prima para a produção
Custo de retrabalho	Produtos rejeitados durante o processo de qualidade e deverão ser retrabalhados na próxima rodada.
Custos diversos	Custos atrelados a acontecimentos aleatórios fora do controle do jogador.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Tendo disponíveis os dados de custos, os jogadores podem então trabalhar em estratégias. Sabendo que produtos de menor preço terão prioridade no mercado, há dois caminhos claros a se seguir: vender seu produto a um maior preço, a fim de alcançar margens maiores de lucro ou tentar disputar mais acirradamente o espaço no mercado com preços menores que os concorrentes. Nesse aspecto, os jogadores precisam ter em mente que, dentro do jogo, a prática de *dumping* (venda de produtos a preços extremamente baixos e/ou menores que o custo de produção unitário) é proibida e sujeita a multa caso seja feita de maneira recorrente.

Quanto a dinâmica de venda, esta ocorre da seguinte maneira: Já tendo conhecimento da demanda de produtos da rodada, as equipes, uma por vez, divulgam em voz alta para o grupo o seu preço de venda. A equipe que divulgar o menor preço de venda leva vantagem e assim pode vender a quantidade de produtos que tiver disponível em estoque final pelo preço divulgado, passando a vez para a equipe com o segundo menor preço e assim por diante. Este processo se repete até que a demanda da rodada seja completamente atendida, como visto na Figura 14. Para que dinâmica seja justa e todos tenham a chance de serem beneficiados por serem os últimos a divulgarem seus preços, é feito um rodízio entre os jogadores.

Figura 14 – Processo de Venda



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

4.2.3. As melhorias

Sendo uma das partes mais importantes do jogo, a seção de melhorias é onde os alunos poderão ter um maior contato com a filosofia de gestão *Lean*, uma vez que as melhorias disponíveis estão ligadas diretamente com conceitos de eliminação de desperdício, como o Quadro 10 detalha.

Quadro 10 – Descrição das melhorias disponíveis no jogo

Melhoria	Descrição
Qualidade do Processo	O processo envolvido é melhorado, liberando produtos com uma qualidade superior, aumentando em cerca de 30% a chance deste ser aprovado na análise de qualidade e, assim, diminuindo custos por retrabalho
Capacidade do Processo	O processador envolvido tem a capacidade de produção aumentada em +3 produtos por operação

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após feitas as aplicações do jogo proposto, foi possível analisar por meios dos questionários passados a percepção dos alunos quanto aos principais temas os quais foram abordados neste trabalho, além de opiniões quanto ao jogo que possam acrescentar a um futuro desenvolvimento, e principalmente sua validação como ferramenta de apoio a ensino. Pôde-se contar com a presença de alunos de diversos semestres letivos, desde o 1º até o 9º.

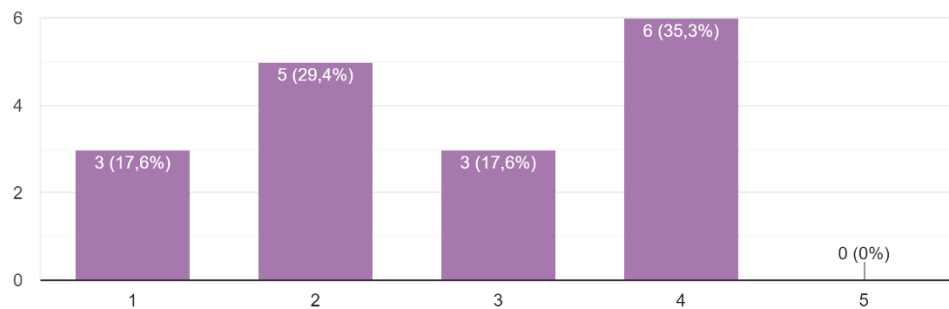
5.1 Resultados do questionário pré-jogo

Primeiramente, foram propostas diversas afirmações quanto ao conhecimento das três áreas abordadas e estudadas para a criação do jogo: Simulação, *Lean Manufacturing* e ABP. Os estudantes foram perguntados sobre seu nível de conhecimento em cada uma destas em uma escala de 1 a 5, sendo 1 considerado “nenhum tipo de conhecimento” e 5 “conhecimento alto”. Os resultados se encontram nos próximos gráficos, apresentados nas Figuras, 15, 16 e 17.

Figura 15 – Avaliação dos alunos quanto ao conhecimento em Simulação

Meu nível de Conhecimento quanto ao Tema Simulação

17 respostas



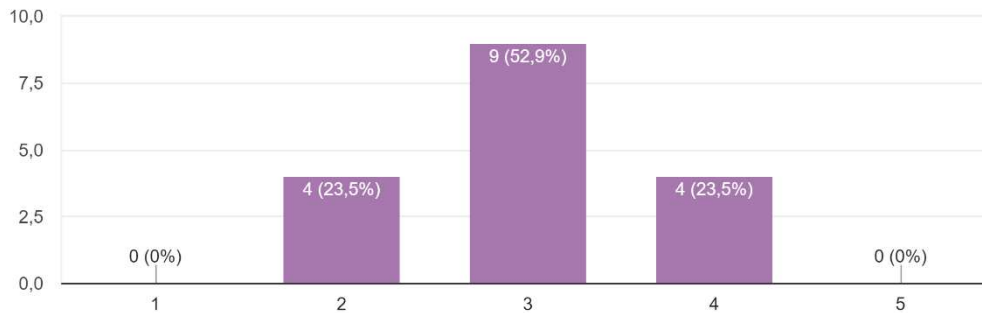
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Quando perguntados acerca do seu conhecimento ao tema Simulação, mais da metade das respostas dos participantes (64,70%) se encontra na faixa de 1 até 3. Sendo assim, muitos ainda não tem um conhecimento aprofundado quanto ao assunto e alguns puderam afirmar que não tiveram contato direto com esta área durante o curso. Com exceção de disciplinas optativas e menções pontuais por professores, esta subárea do curso de Engenharia de Produção ainda não se faz muito presente na estrutura curricular.

Figura 16 – Avaliação dos alunos quanto ao conhecimento em Lean Manufacturing

Meu nível de Conhecimento quanto ao Tema Lean Manufacturing

17 respostas



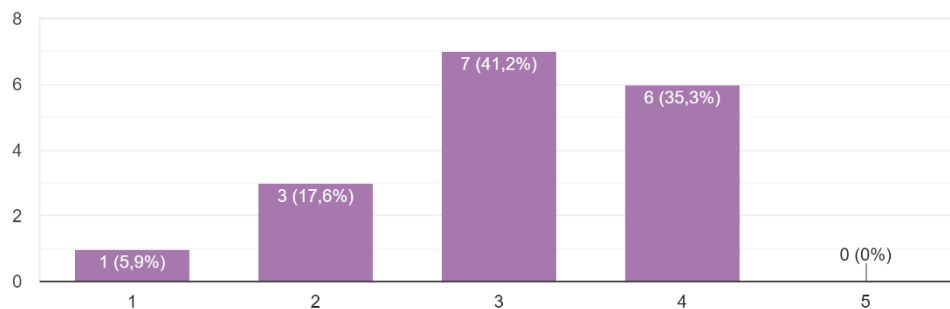
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Quanto ao conhecimento em relação à filosofia de gestão *Lean*, mais da metade dos participantes afirmaram ter um conhecimento apenas mediano sobre este tema que é amplamente divulgado, principalmente durante os primeiros semestres letivos do curso.

Figura 17 – Avaliação dos alunos quanto ao conhecimento em ABP

Meu nível de Conhecimento quanto ao Tema Aprendizagem Baseada em Problema

17 respostas



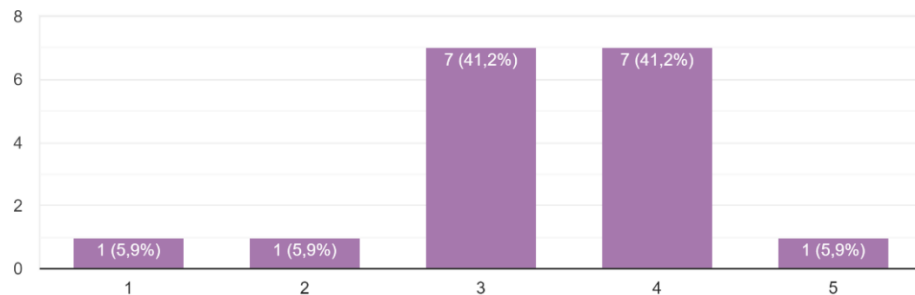
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Por fim, Aprendizagem Baseada em Problemas, dentre os três assuntos, acabou por ser o assunto com a maior pontuação de conhecimento: 76,47% dos estudantes afirmaram conhecimentos médio ou médio-alto em relação ao tema, o que gera um questionamento, uma vez que este tema acaba por não ser abordado com significância dentro da estrutura curricular.

Passadas as primeiras perguntas relacionadas ao nível de conhecimento das áreas abordadas no jogo, entra-se agora com uma série de perguntas que tangem o processo ensino-aprendizado dentro do curso de cada um.

A partir desse momento as perguntas são feitas em uma escala de 1 a 5, sendo 1 considerado “Discordo totalmente” e 5 considerado “Concordo totalmente”. Inicialmente, os alunos foram indagados sobre sua visão quanto a passividade do aprendizado no seu curso e os dados se encontram na Figura 18.

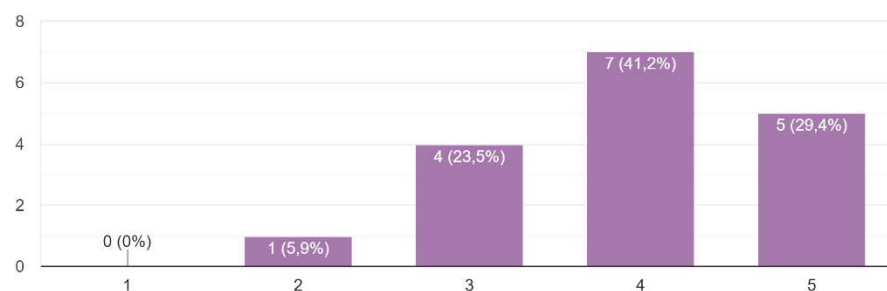
Figura 18 – Avaliação quanto a passividade do aprendizado dentro do curso
O processo de aprendizagem no meu curso ocorre de maneira passiva
17 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Se mostraram indiferente quanto a afirmação 41,2% dos participantes, enquanto 47,1% concordaram parcialmente ou totalmente, mostrando que, de fato, uma parte significativa dos alunos tem uma percepção de aprendizado ativo que não é atendida durante a jornada acadêmica. Complementando a pergunta anterior, os alunos foram indagados quanto as oportunidades que tiveram de serem protagonistas do seu próprio aprendizado durante períodos letivos. Apenas 29,4% dos perguntados se mostraram indiferentes ou discordaram da afirmativa citada na Figura 19. Ressalta-se que muitas destas oportunidades podem ser entendidas como atividades usuais do curso, como estudos de caso, apresentações entre outros métodos.

Figura 19 – Avaliação dos alunos quanto ao seu protagonismo no aprendizado
Durante meu período como aluno já tive muitas experiências em que fui protagonista do meu aprendizado
17 respostas



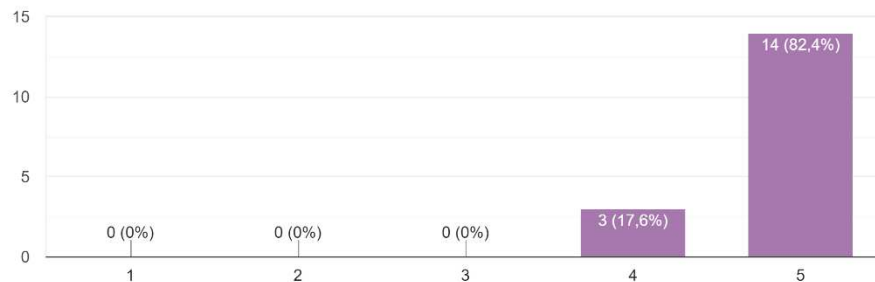
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Quanto ao uso de recursos tecnológicos, 100% dos alunos concordaram que este seria benéfico, ajudando no processo de aprendizagem, como visto na Figura 20.

Figura 20 – Avaliação quanto ao uso de recursos tecnológicos

Acredito que o uso de recursos tecnológicos ajudaria no meu processo de aprendizagem

17 respostas



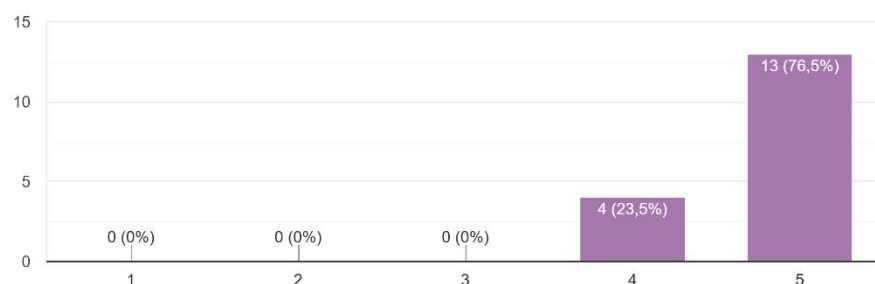
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Por fim, os alunos se mostraram favoráveis à utilização de jogos em disciplinas dentro do curso, visto que, como apresentado pela Figura 21, novamente 100% destes concordaram que jogos podem ser úteis no processo de aprendizagem.

Figura 21 – Avaliação quanto ao uso de jogos educativos

Acredito que o uso de jogos podem ser úteis para o processo de aprendizagem em cadeiras do meu curso

17 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

5.2 Resultados questionário pós-jogo

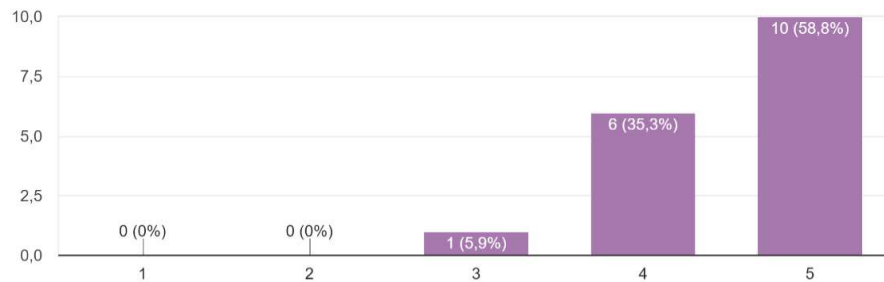
Em outro momento, após terem jogado o jogo proposto neste estudo, os estudantes foram solicitados a responder outro questionário, desta vez expressando suas opiniões em relação a experiência obtida pós jogo.

Como visto na Figura 22, mais de 90% dos alunos concordaram em que a experiência do jogo pôde contribuir positivamente para que os discentes compreendessem melhor conceitos da filosofia de gestão *Lean Manufacturing*.

Figura 22 – Avaliação da contribuição para entendimento da filosofia Lean

O jogo contribuiu para o melhor entendimento da filosofia de gestão Lean.

17 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

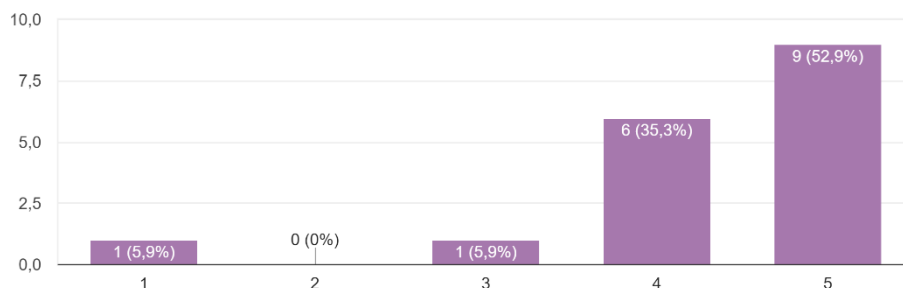
As duas próximas perguntas remetem ao impacto do jogo como efeito de aumento de interesse nos principais temas abordados dentro da dinâmica: *Lean* e Simulação.

Em relação à filosofia *Lean*, a Figura 23 mostra que 88,2% dos participantes concordaram, totalmente ou parcialmente que o jogo fez com que seu interesse sobre aspectos da cultura de manufatura enxuta aumentasse, sustentando uma hipótese de que os efeitos do jogo nos alunos podem se estender até mesmo depois da sua aplicação, fazendo com que os discentes sintam maior curiosidade sobre os assuntos em pauta, consolidando um ciclo de aprendizado maior e mais eficaz.

Figura 23 – Avaliação do aumento em interesse sobre Lean

Como resultado desse jogo, meu interesse e curiosidade sobre Lean aumentaram

17 respostas



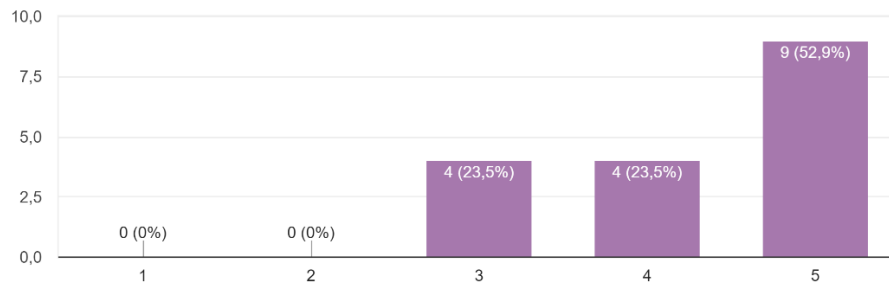
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Quanto ao *Flexsim*, 76,4% dos participantes afirmaram que após o jogo, seu interesse sobre o software de Simulação aumentou, como é possível observar na Figura 24. Esta estatística é bastante benéfica considerando que o *Flexsim* ainda não é amplamente divulgado e um maior interesse por parte dos alunos pode gerar maiores oportunidades em projetos de simulação dentro do ambiente acadêmico.

Figura 24 – Avaliação do aumento em interesse sobre o Flexsim

Como resultado desse jogo, meu interesse e curiosidade sobre o software Flexsim aumentaram

17 respostas



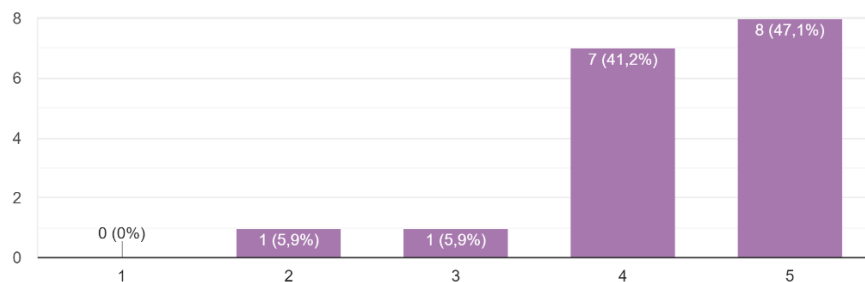
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Como visto na Figura 25, 88,3% dos participantes concordaram, ao fim do experimento, que o jogo contemplava conceitos que são vistos dentro do seu curso de graduação, tendo a possibilidade de visualizarem, dentro de um ambiente artificial, parte do conteúdo teórico repassado em sala de aula.

Figura 25 – Avaliação do jogo baseado em conceitos do curso

O jogo permite pôr em prática conceitos vistos no meu curso de graduação

17 respostas



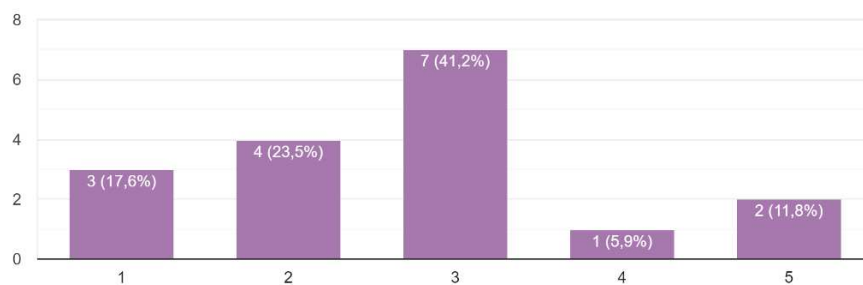
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Quanto a chance de comandarem a empresa do jogo sozinhos, apenas 17,7% dos alunos mostrou concordar com essa possibilidade, como visto na Figura 26. Assim, parte significativa dos pesquisados acredita que um melhor desempenho está ligado ao comando compartilhado da empresa.

Figura 26 – Avaliação da possibilidade de comando individual da empresa

Acredito que eu teria um melhor desempenho se a empresa estivesse apenas sobre meu comando

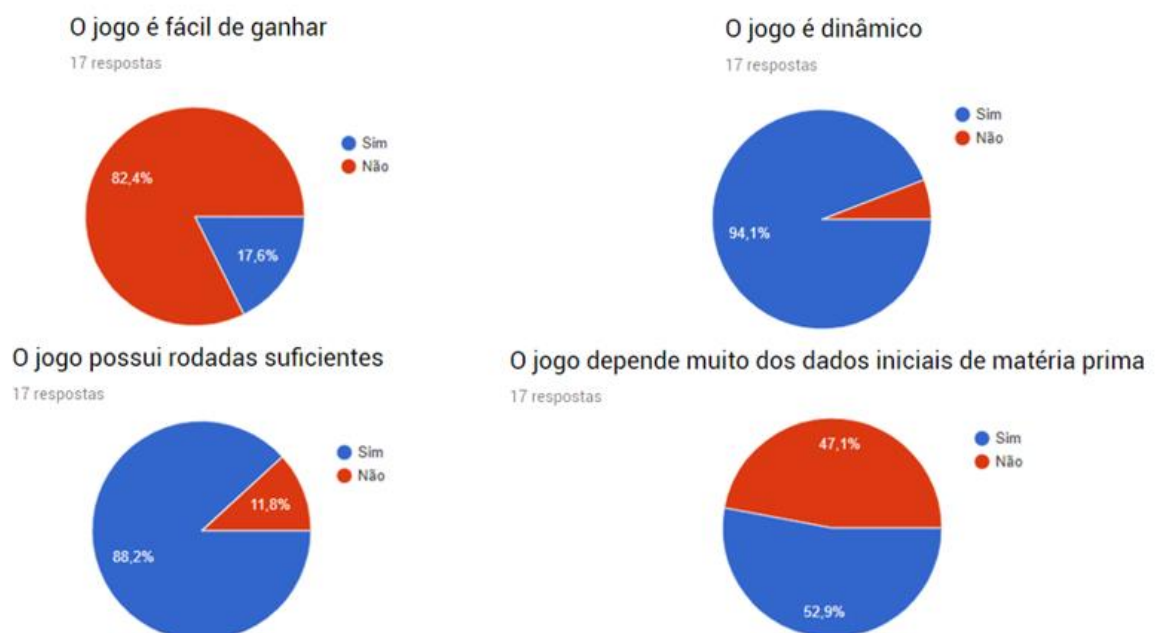
17 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A Figura 27 mostra as avaliações dos alunos quanto a aspectos como a facilidade de se ganhar o jogo, a dinamicidade do jogo, a quantidade de rodadas necessária e a relação do desempenho do jogador com as matérias primas iniciais. avaliar características da dinâmica e, caso necessário, realizar mudanças imediatas no jogo dentro do *software*.

Figura 27 – Avaliações sobre aspectos específicos do jogo



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

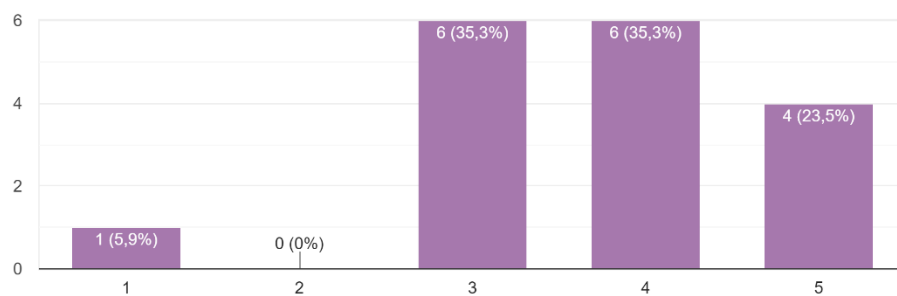
Em relação às perguntas relacionadas aos três primeiros aspectos citados, todas acabaram por terem respostas que ganharam por altas margens. Em resumo, a grande parte dos alunos achou que o jogo é dinâmico, é difícil de ser ganho e que possui um número de rodadas suficientes. Finalizando, a última pergunta teve resultados bem divididos entre a dependência do jogador em relação a matéria-prima, aspecto que pode ser reavaliado.

As melhorias disponíveis para compra dentro do jogo, dadas como um dos pontos principais dentro da dinâmica, foram apontadas por 58,8% dos alunos como de certa ou grande ajuda para um sucesso financeiro no jogo, como visto na Figura 28. Enquanto isso 35,3% se mostraram indiferentes quanto ao uso de melhorias, o que pode estar ligado com o resultado da maioria das equipes que por vezes não tiveram acesso às melhorias, por falta de dinheiro.

Figura 28 – Avaliação sobre a relevância das melhorias

As melhorias disponíveis para compra são de grande ajuda para o sucesso no jogo

17 respostas



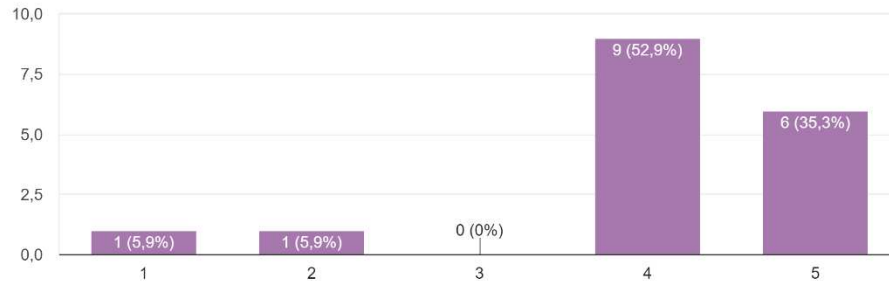
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A Figura 29 mostra que a maioria dos alunos (88,2%) concordaram que as informações e instruções passadas por meio de *slides* são suficientes para que estes tenham ao menos um entendimento básico sobre o que o jogo se trata, além de seu modo de jogar. Ressalta-se que a apresentação navega por uma visão geral da filosofia Lean, da ABP e da Simulação, além de um tutorial de cada etapa do jogo.

Figura 29 – Avaliação da relevância das instruções

As instruções dadas via Powerpoint são suficientes para um entendimento inicial

17 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

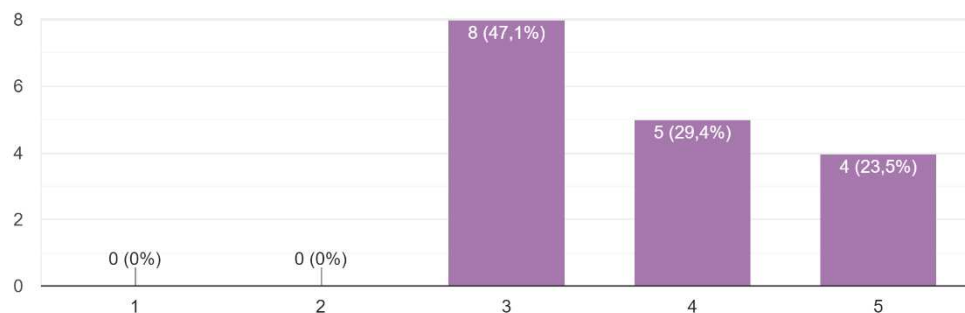
47,1% dos estudantes se mostraram indiferentes quando indagados sobre a relevância do conteúdo teórico adquirido no curso quando aplicado dentro do jogo, como apresentado na Figura 30.

Visto que em perguntas anteriores, grande parte dos alunos já afirmaram que durante a dinâmica puderam visualizar conceitos vistos dentro do curso, a porcentagem de quase 50% pode estar ligada ao fato de grande parte dos jogadores, na época da aplicação, estarem em semestres não muito avançados.

Figura 30 – Avaliação da relevância de assuntos prévios do curso

Meu conhecimento prévio de assuntos do curso me ajudou durante o jogo

17 respostas



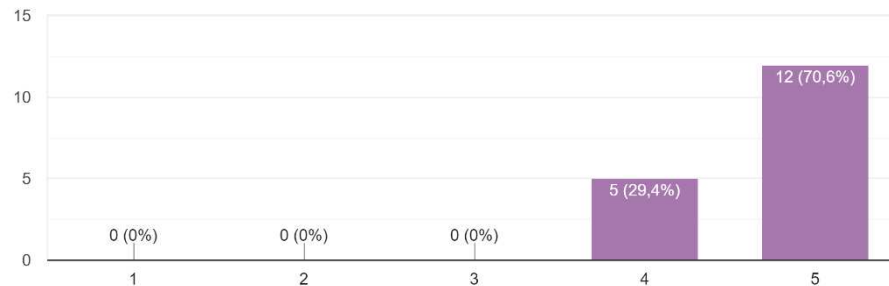
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Por fim, as duas perguntas em escala linear que fecham o questionário pós jogo levam em consideração a estratégia e decisões feitas pelos jogadores dentro do jogo. Os resultados podem ser observados nas Figuras 31 e 32.

Figura 31 – Avaliação sobre possibilidade de elaboração de estratégias

Durante as rodadas do jogo, percebi que tentei elaborar estratégias para o sucesso da empresa

17 respostas

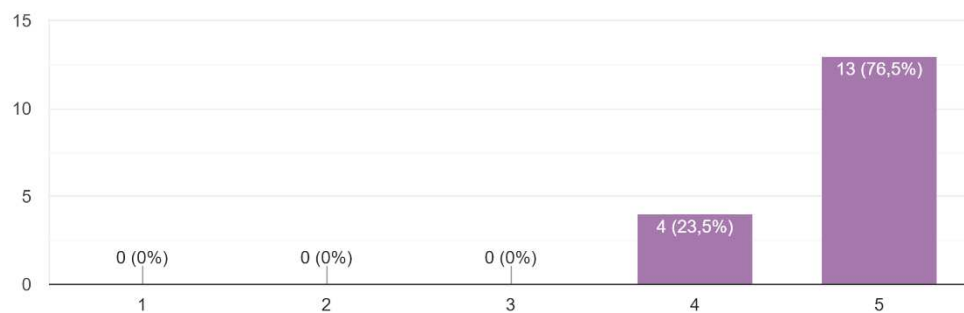


Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Figura 32 – Avaliação sobre decisões baseadas em recursos

Durante a aplicação do jogo, tomei decisões baseadas nos meus recursos

17 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

De maneira geral, todos os jogadores concordaram que durante o andamento do jogo tiveram a chance de elaborar estratégias que pudessem impulsionar seu desempenho frente aos concorrentes, além de tomarem decisões para sua empresa baseadas nos recursos que possuíam.

Na Tabela 6, é possível observar um resumo das avaliações dos jogadores quanto aos diferentes tópicos abordados durante a aplicação do questionário.

Tabela 6 – Resumo das avaliações

Tópico	Critério	Pontuação Máxima	Pontuação Atingida	Desempenho
ABP	Auxílio no processo de aprendizagem	85	81	95,29%
	Elaboração de estratégias	85	80	94,12%
<i>Flexsim</i>	Interesse adquirido	85	73	85,55%
<i>Simulação</i>	Uso de recursos tecnológicos no processo de aprendizagem	85	82	96,47%

	Conhecimento adquirido	85	77	90,59%
<i>Lean</i>	Interesse adquirido	85	73	85,55%
	Decisões baseadas em recursos	85	81	95,29%

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Quanto aos resultados gerais apresentados na tabela 6, o critério mais bem avaliado foi o uso de recursos tecnológicos no processo de aprendizagem, com 96% de aprovação dos alunos participantes. Enquanto os critérios de menor pontuação foram os interesses adquiridos pelo *software Flexsim* e pela filosofia de gestão *Lean*. De maneira geral, todos os critérios utilizados foram bem avaliados, obtendo desempenho acima de 80%, podendo-se considerar que foram obtidos bons resultados em relação aos 3 pontos principais abordados na dinâmica do jogo.

6 CONCLUSÃO

6.1 Conclusões

O presente trabalho, diante da necessidade de novas metodologias que auxiliem o processo tradicional ensino-aprendizagem no Brasil, propôs o desenvolvimento e aplicação de um jogo que interligasse importantes temas dentro do curso de Engenharia de Produção. Para que este objetivo fosse alcançado, utilizou-se conceitos alinhados de Simulação Computacional e Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) a fim de criar um instrumento de apoio ao ensino da filosofia de gestão *Lean Manufacturing*.

Com a colaboração de alunos de um Instituto de Ensino Superior como jogadores, foi possível realizar uma série de experimentos que pudessem sustentar a proposta de interligar diferentes metodologias de ensino e que esta fosse eficaz de diferentes pontos de vista. Os resultados obtidos por meio destas aplicações foram expostos e comentados.

Neste contexto, pode-se afirmar que tanto o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho foram atendidos.

O primeiro objetivo específico definido foi desenvolver uma proposta de dinâmica de um jogo interativo que traga a realidade os conceitos de *Lean Manufacturing*. Para que este fosse atingido, foi feita uma revisão bibliográfica sobre esta filosofia de gestão, destacando conceitos-chave e definições de desperdício. Além disso, como visto na Etapa 1 da pesquisa, a dinâmica desenvolvida para o jogo foi baseada em um problema criado que já havia sido elogiado e testado, e que mais tarde, foi adaptado de acordo com os fins deste trabalho, que prezou por manter a dinâmica convidativa e interessante para o aluno.

O segundo objetivo específico tange a utilização do *software Flexsim* como plataforma para o desenvolvimento, modelagem e simulação do jogo. Este objetivo também foi atingido, como mostrado no capítulo 4 (Desenvolvimento), onde todas as etapas de criação do jogo dentro do software estão expostas e comentadas. Ressalta-se que o uso deste software em específico foi de suma importância, por qualidades já citadas que o põem como destaque dentro do mercado, como por exemplo o cenário 3D, que se mostrou um diferencial para o jogo, além da facilidade envolvida em sua linguagem de programação, tornando o Flexsim o escolhido, dentre outras tecnologias, para este propósito. O entendimento do processo produtivo se deu de maneira mais simplificada uma vez que os alunos tiveram a oportunidade de visualizá-lo, relacionando-o com o conteúdo teórico de sala de aula. Além disso, os espaços de trabalho dentro do *software* também foram extremamente úteis para garantir que a dinâmica fluísse da melhor maneira. Tais espaços contam com planilhas eletrônicas embutidas, além de menus

interativos criados. Em outra óptica, é fato que umas dificuldades claras relacionadas ao *Flexsim* estão ligadas a limitação do *software*, onde usuários da versão *free* não tem a chance de garantir todas as funções disponíveis na versão paga.

O terceiro objetivo específico foi atingido com sucesso após a dinâmica do jogo ser aplicada com sucesso em três diferentes ocasiões, sendo então coletadas suas opiniões por meio de questionários aplicados antes e depois do jogo. Assim, foi possível entender de maneira analítica as visões dos jogadores sob diferentes perspectivas.

Por fim, o quarto objetivo é atingido como visto no capítulo 5 que descreve as perguntas presentes em ambos formulários, expõe resultados importantes e abre espaço para discussões e criação de hipóteses com base nos dados que foram encontrados.

Quanto a Simulação Computacional aliada com o *software Flexsim*, esta foi recebida positivamente pelos alunos que prezaram pelo visual lúdico. Além disso, e mais importante, mais de 70% dos participantes afirmaram que o interesse e curiosidade sobre este *software* aumentaram após o jogo. Isto pode facilmente ser encarado como uma oportunidade de explorar melhor a área de Simulação dentro do curso de Engenharia de Produção e de gerar talentos de destaque, uma vez que a IES em questão é uma das únicas a trabalhar internamente com a licença paga deste software em território nacional.

Quanto ao uso de artifícios da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no processo de aprendizagem, os estudantes se mostraram bastante abertos, concordando de maneira geral com o uso de jogos no ensino de conteúdo teórico, além de grande parte afirmar que o ensino em seu curso ocorre de maneira mais passiva do que ativa.

Sob outra óptica, é importante mencionar o instinto vindo por parte da Geração Z quanto ao desejo de aplicar conceitos afim de solucionar problemas como o presente na dinâmica que acaba por pular etapas essenciais do processo de aprendizagem que podem incluir ações como recordar e compreender o conhecimento necessário.

Em relação a eficácia do jogo, considerando seu objetivo geral, mais de 90% dos alunos declararam que o jogo contribuiu positivamente para que estes pudessem ter um melhor entendimento sobre a filosofia de gestão Lean. Além disso, espera-se que os alunos levem a experiência adquirida para fora do laboratório e que os conhecimentos sejam aproveitados em ambientes extra acadêmicos.

Conclui-se, assim, que os resultados encontrados foram satisfatórios e que o impacto do experimento foi positivo.

6.2 Trabalhos futuros

Para estudos futuros, sugere-se que o modelo de jogo proposto seja modificado de acordo com os *insights* resultantes dos dados obtidos via questionário, principalmente no tocante as melhorias, para que estas sejam mais fáceis de serem obtidas, ajudando em uma melhor dinâmica para o jogo.

Ademais, sugere-se que o jogo seja aplicado como uma ferramenta de apoio ao ensino de *Lean* em disciplinas do curso de Engenharia de Produção como PCP e Métodos e Sistemas de Trabalho.

Por fim, espera-se que outros conceitos importantes na área da Engenharia sejam contemplados com a utilização de metodologias ativas como a utilizada neste trabalho, contribuindo para uma consolidação da ABP dentro do processo de ensino-aprendizado do curso de Engenharia de Produção.

REFERÊNCIAS

- ABDURAHIMAN, V.; HIRATA, C. M.; KIENBAUM, G.; PAUL, R. J. **An Intelligent Simulation Modelling Environment**. In: XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2000, São Paulo. *Anais... Rio de Janeiro: 2000*.
- ALBERTIN, M. R.; PONTES, H. L. J. **Administração da produção e operações**. Curitiba: Intersaberes, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Engenharia de Produção: Grande área e diretrizes curriculares**, 2001. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/ref_curriculares_abepro.pdf > Acesso em: 25 mar. 2019.
- BANKS, J. **Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications and practice**. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- BANKS, J.; CARSON II, J.S; NELSON, B.L.; NICOL, D.M. **Discrete-Event System Simulation**, 4. ed., New Jersey: Prentice Hall, 2004.
- BARREIRO, S. C.; BOZUTTI, D. F. Challenges and Difficulties to Teaching Engineering to Generation Z: a case research. **Propósitos y representaciones**, Lima, v. 5 n. 2, p. 127-183, 2017.
- BASS, R. The problem of learning in higher education. **Educause Review**, v. 47, n. 2 p. 23-33, 2012.
- BEAVERSTOCK, M.; GREENWOOD, A. **Simulation Education – Seven Reasons for Change**. In: 2011 Winter Simulation Conference, 2011, Phoenix. *Proceedings...* Phoenix: 2011.
- BHASIN, S.; BURCHER, P. Lean viewed as a philosophy. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 1 p. 56-72, 2006.
- BISCOTTO, B. A. **Simulação de eventos discretos em uma indústria automotiva**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.
- BORGES, M.; ALMEIDA, N. Perspectivas para engenharia nacional, desafios e oportunidades. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 32, n. 3, 2013.
- BOUD, D.; FELETTI, G. **The challenge of problem-based learning**, 2. ed. London: Kogan Page, 1997.
- BRUUN, P.; MEFFORD, R. Lean Production and the Internet. **International Journal of Production Economics**, v. 89 n. 1, p. 247-260, 2004.
- CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina de trabalho do dia-a-dia**. 8 ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços LTDA., 2004.

CARREIRA, M. L.; SOBRINHO, P. B. Aplicação de ferramentas da produção enxuta na logística interna. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 16 n. 24, p. 51-75, 2012.

CASALE, A.; KURI, N. P.; DA SILVA, A. N. R. Mapas cognitivos na avaliação da Aprendizagem Baseada em Problemas. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 24, n. 2, p. 243-263, 2011.

CHUN, C. et al. **Teaching Generation Z at the University of Hawai'i**. In: The IAFOR International Conference on Education, 2017, Honolulu. *Proceedings...* Honolulu: 2017.

COSTANTINO, F.; DI GRAVIO, G.; SHABAN, A.; TRONCI, M. **A simulation-based game approach for teaching operations management topics**. In: 2012 Winter Simulation Conference, 2012, Berlin. *Proceedings...* Berlin: 2012.

DE OLIVEIRA, F; DE SOUZA, R.; MEDEIROS JUNIOR, J.; ANEZ, M. Aplicação da simulação empresarial no ensino da graduação. **Revista GEPROS Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Ano 2, v. 2, p. 43-49, 2007.

ETHERINGTON, M. B. Investigative Primary Science: A Problem-based Learning Approach. **Australian Journal of Teacher Education**, Perth, v. 36, n. 9, 2011.

ERBA, E.; LEME, J.; ARRABAL, V. **Implementação do sistema de entrega just in time em uma metalúrgica fornecedora de autopeças**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração de Empresas) – Faculdade FGP, Pederneiras, 2013.

FERREIRA, J. A. **Jogos de empresas: modelo para aplicação prática no ensino de custos e administração do capital de giro em pequenas e médias empresas industriais**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

FREITAS FILHO, P. **Introdução a modelagem e simulação de sistemas**. 2. ed. São Paulo: Visual, 2008.

FUDIN, S. **Gen Z & What does it mean in your classroom?**, 2012. Disponível em: <<https://rossieronline.usc.edu/gen-z-what-does-it-mean-in-your-classroom/>>. Acesso em: 21 mai. 2019.

GAVIRA, M. O. **Simulação Computacional como uma ferramenta de Aquisição de conhecimento**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GODINHO FILHO, M. **Paradigmas estratégicos de gestão da manufatura – configuração, relações com o planejamento e controle da produção e estudo exploratório na indústria de calçados**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 11, n. 1 p. 1-19, 2004.

- HALF, R. **Get Ready for Generation Z**, 2015. Disponível em: <<https://www.roberthalf.com/research-and-insights/workplace-research/the-secrets-to-hiring-and-managing-gen-z>>. Acesso em: 21 mai. 2019.
- IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. 3. ed. São Paulo: IMAM, 1990.
- KALLÁS, D. A Utilização de Jogos de Empresas no Ensino da Administração. In: VI Seminários Em Administração – SEMEAD, 2003, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 2003.
- KAPIL, Y.; ROY, A. A Critical Evaluation of Generation Z at Workplaces. **International Journal of Social Relevance & Concern**, v. 2 n. 1, p. 10-14, 2014.
- KEMP, S. **Constructivism and problem-based learning**, 2011. Disponível em: <https://www.tp.edu.sg/staticfiles/TP/files/centres/pbl/pbl_sandra_joy_kemp.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- KHALIL, R. F. **O uso da tecnologia de simulação na prática docente do ensino superior**. 2013. Dissertação (Pós-Graduação em Educação) – Universidade Católica de Santos, Santos, 2013.
- KINCAID, J. P.; WESTERLUND, K. K. **Simulation In Education and Training**. In: Winter Simulation Conference, 2011, Florida. *Proceedings...* Florida: 2009.
- LAW, A.; KELTON, D. **Simulation modeling and analysis**. New York: McGraw-Hill, 2000.
- MACEDO, G.; SAPUNARU, R. Uma breve história da engenharia e seu ensino no brasil e no mundo: Foco Minas Gerais. **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**, v. 10, n. 1, p. 39-52, 2016.
- MACEDO, L; PETTY, A. L.; PASSOS, N. **Aprender com jogos e situações-problema**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- MACHADO, V.; PINHEIRO, N. Investigando a metodologia dos problemas geradores de discussões: Aplicações na disciplina de física no ensino de engenharia. **Revista Ciência & Educação**, v. 16, n. 3, p. 525-542, 2010.
- MARINI, A. **Caminhos Possíveis Para A Qualidade De Ensino**. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2003, Ouro Preto. *Anais... Rio de Janeiro*: 2003.
- MARTINS, P. G., LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005
- NORDGREN, W. B. **Flexsim simulation environment**. In: 2003 Winter Simulation Conference, 2003, New Orleans. *Proceedings...* New Orleans: 2003.
- OER. **Basic thermodynamics**, 2016. Disponível em: <<https://www.oercommons.org/authoring/15047-basic-thermodynamics/1/view>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – Além da produção em larga escala**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PAWLEWSKI, P.; REJMICZ, K.; STASIAK, K.; PIEPRZ, M. **Just In Sequence Delivery Improvement Based On Flexsim Simulation Experiment**. In: 2012 Winter Simulation Conference, 2012, Berlin. *Proceedings...* Berlin: 2012.

PEDGEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to Simulating Using SIMAN**, 2. ed., New York: McGrawHill, 1990.

PEREIRA, I. C. **Proposta de sistematização da simulação para fabricação em lotes**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, UNIFEI, Itajubá, 2000.

PÓVOA, J.M.; BENTO, P.E.G. **O Engenheiro, sua formação e o mundo do trabalho**. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2005, Campina Grande. *Anais...* Rio de Janeiro, 2005.

PROENÇA JÚNIOR, D. **Critérios para o uso de jogos pedagógicos**. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2003, Ouro Preto. *Anais... Rio de Janeiro, 2003*

RIBEIRO, L. R. C. **A aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores**. 2005. Tese (Pós-Graduação em Educação) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005

RIBEIRO, L. R. C. Aprendizagem baseada em problemas (PBL) na educação em Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 27, p. 23-32, 2008.

QUEIROZ, A.Q.; LUCERO, A.G. **Jogos, uma alternativa para complementar o ensino da administração da produção**. Artigo – Departamento de Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, 2010.

RIIS, J. O. **Simulation Games and Learning in Production Management**. London: Chapman & Hall, 1995.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

ROTHMAN, D. **A Tsunami of Learners Called Generation Z**, 2016. Disponível em: <https://mdle.net/Journal/A_Tsunami_of_Learners_Called_Generation_Z.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2019.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. **Estudo comparativo de softwares de simulação de eventos discretos aplicados na modelagem de um exemplo de Loja de Serviços**. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2003, Ouro Preto. *Anais... Rio de Janeiro: 2003*.

SAVERY, J. R.; DUFFY, T. M. Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework. **Educational Technology**, v. 35 n. 5, p. 31-38, 1995.

SHAH, R.; WARD, P. T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management**, v. 335, p. 1-21, 2002.

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

SHINGO, S. **O sistema toyota de produção: Do ponto de vista da engenharia de produção**. 1. ed., Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, L. M. F.; PINTO, M. G.; SUBRAMANIAN, A. **Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção**. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: 2007

SILVESTRE, V.; SCHUNEMANN, A.; ORDOÑEZ, A.; VAZ, J. **PBL e Agenda 21- Problemas socioambientais na graduação de gestão de políticas públicas para sustentabilidade**. In: Congresso Internacional de PBL, 2010, São Paulo. *Anais... São Paulo*: 2010.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

STEFANELLI, P. **Utilização da Contabilidade dos Ganhos como Ferramenta para Tomada de Decisão em um Ambiente com Aplicação dos Conceitos de Produção Enxuta**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

TASIR, Z.; HARUN, J.; HASSAN, S.; YUSOF, K. **Effective Strategies for Integrating E-learning in Problem-based Learning for Engineering and Technical Education**. In: 2005 Regional Conference on Engineering Education, 2005, Johor. *Proceedings...* Johor: 2005.

TEIXEIRA, R.; TEIXEIRA, I. **Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção**. In: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998, Niterói. *Anais...* Rio de Janeiro: 1998.

TORGA, B. L. M. **Modelagem, Simulação e Otimização em Sistemas Puxados de Manufatura**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, UNIFEI, Itajubá, 2007.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VIEIRA, K. **A utilização do PBL nos cursos de Engenharia do Brasil: uma análise bibliométrica**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Ciências e Tecnologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015.

WANG, Y.; QI, Z.; LI, Z.; ZHANG, L. Institute-Industry interoperation Model: an industry-oriented engineering education strategy in China, **Asia Pacific Educ. Rev.**, v. 12, p. 665-674, 2011.

WILLIAMS, P. J.; IGLESIAS, J.; BARAK, M. Problem Based Learning: Application to Technology Education Three Countries. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 18, p. 319-335, 2011.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 11. ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YUSOF, K.; TASIR, Z.; HARUN, J.; HASSAN, S. **Promoting Problem-based Learning in Engineering Courses at Universiti Teknologi Malaysia**. In: 4th UNESCO Asia-Pacific Forum on Engineering and Technology Education, 2005, Bangkok. *Proceedings...* Monash: 2005.

ZHOU, H. et al. **Computer simulation for undergraduate engineering education** In: 4th International Conference on Computer Science & Education, 2009, Washington. *Proceedings...* Washington: 2009.