



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

BRUNO HOLANDA DO AMARAL

APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS (SED) E DA
APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMA (ABP) NO ENSINO DE GESTÃO DA
PRODUÇÃO

FORTALEZA

2018

BRUNO HOLANDA DO AMARAL

APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS (SED) E DA
APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMA (ABP) NO ENSINO DE GESTÃO DA
PRODUÇÃO.

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: Prof. Dr. Heráclito Lopes
Jaguaribe Pontes

FORTALEZA

2018

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)

- A512a Amaran, Bruno Holanda.
Aplicação da Simulação de Eventos Discretos (SED) e da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no ensino de Gestão da Produção. / Bruno Holanda Amaran. – 2018.
115 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes.
1. Simulação. 2. Aprendizagem Baseada em Problemas. 3. Simulação de Eventos Discretos. 4. Ensino. 5. Gestão da Produção. I. Título.

CDD 658.5

BRUNO HOLANDA DO AMARAL

APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS (SED) E DA
APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMA (ABP) NO ENSINO DE GESTÃO DA
PRODUÇÃO.

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.

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

Ao meu irmão, pela parceria, pelos lanches nas madrugadas de estudo e por aguentar e entender meu mau humor nos períodos de provas.

À minha vó, Quinha, por ter me ensinado sobre as coisas que realmente importam na vida, pelos valores transmitidos, carinho incondicional e por ser uma pessoa incrível.

Aos meus pais, por todo o suporte, esforço e preocupação durante minha formação acadêmica e pessoal.

Aos amigos, particularmente os de longa data e quase irmãos, Julyana, Carolina e Karolyne, que não só compartilharam a vida, a rotina, os momentos de maior alegria e conquistas, mas também as piores “*bads*” e decepções.

Aos amigos e futuros companheiros de profissão trazidos pela UFC, especialmente Isabel, Patricia e Sílvio, pelas centenas de cafés, os dramas em fim de semestre, os problemas compartilhados, o ombro amigo, as conversas aleatórias, as melhores histórias e por formarmos a melhor equipe possível.

Ao colega de laboratório, Rodrigo, por fazer acontecer muitas das minhas ideias, mesmo que complicadas. Este trabalho é parte dele, também.

Ao Prof. Heráclito, pelas oportunidades, tutoria e ensinamentos, não só durante este estudo, mas durante meu período como bolsista e estagiário.

“Não se pode percorrer duas vezes o mesmo rio e não se pode tocar duas vezes uma substância mortal no mesmo estado; por causa da impetuosidade e da velocidade da mutação, esta se dispersa e se recolhe, vem e vai.”

Heráclito de Éfeso.

RESUMO

Diante dos novos desafios propostos pelo mercado de trabalho, relativos à necessidade da formação de profissionais com maior visão sistêmica e capacidade de resolução de problemas, as instituições de ensino têm sido estimuladas a aplicar metodologias ativas de aprendizagem. Dessa forma, este estudo descreveu os resultados encontrados para uma aplicação, em conjunto, da Simulação de Eventos Discretos (SED), através do *Software Flexsim*, e da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) como instrumentos de ensino de Gestão da Produção para alunos de um curso de Engenharia de Produção Mecânica. Para isso, foram desenvolvidos e apresentados aos estudantes 3 níveis de problemas a serem solucionados em equipes e utilizando o simulador. Cada nível funcionou como um ciclo de aprendizagem da ABP e, de maneira geral, o desempenho dos alunos na resolução dos problemas foi bastante satisfatório em todos os níveis, enquanto as estratégias adotadas, diversas. A avaliação do experimento apontou que 100% dos alunos concordaram que a metodologia ABP estimulou o aprendizado em sala de aluno e trouxe resultados positivos para a disciplina optativa “Aplicações de Simulação em Sistemas de Produção e Logística”. Na pesquisa realizada, 73,7% dos alunos concordaram que estavam aptos a aplicar a simulação para a resolução de problemas, após o experimento. O programa *Flexsim* recebeu nota média geral de 8,18, numa escala de 0 a 10, apresentando o melhor desempenho no critério de interface gráfica. Finalmente, a nota média para a aplicação das metodologias foi de 9,13, numa escala de 0 a 10, caracterizando um excelente resultado e evidenciando os benefícios que estas poderiam trazer se utilizadas com mais frequência e em outras disciplinas do curso.

Palavras-chave: ABP, Aprendizagem Baseada em Problemas, Simulação, Simulação de Eventos Discretos, SED, *Flexsim*, Gestão da Produção, Ensino, Engenharia.

ABSTRACT

Given the challenges put forward by the modern labour market, pertaining to the need for training professionals to develop better problem-solving skills, educational institutions have been encouraged to take up active learning methodologies. As such, this study described the results for employing, simultaneously, Discrete Event Simulation (DES) (through the software Flexsim) and Problem Based Learning (PBL) as teaching tools in the Production Management module of an Industrial Engineering course. To achieve this, 3 puzzles with increasing difficulty were developed and presented to the students, who were divided into teams to solve them by means of the simulator. Each difficulty level acted as a PBL learning cycle and, generally, student performance was very satisfactory, with each team pursuing a different strategy to solve the puzzles. An assessment of this experiment showed 100% of students agree the PBL methodology helped with in-class learning, resulting in positive outcomes for the optional subject "Simulation Applications in Production and Logistical Systems". In the assessment, 73,3% of students agreed they felt capable of using simulations to solve problems after the experiment. On a scale of 1 to 10, the software Flexsim was rated an average of 8,18, with best performance in the graphical interface criteria. Lastly, on a scale of 1 to 10, the average rating for the combined application of DES and PBL was 9,13, which characterizes an excellent result and brings to light the benefits these methodologies could provide if employed more frequently and in other modules of the course.

Keywords: *PBL, Problem-Based Learning, Simulation, Discrete Events Simulation, DES, Flexsim, Production Management, Teaching, Engineering.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de simulação no <i>Flexsim</i>	28
Figura 2 – Ciclo de aprendizado da ABP	34
Figura 3 – Modelo de Aprendizagem Baseada em Problemas.....	35
Figura 4 – Etapas do experimento	42
Figura 5 – Mapofluxograma de mercadorias.....	46
Figura 6 – Planta 2D no <i>Autocad</i>	47
Figura 7 – Exemplo de mobília 2D no <i>Autocad</i>	47
Figura 8 – Planta 3D da empresa no <i>Sketchup</i>	48
Figura 9 – Exemplos de mobília 3D no <i>Sketchup</i>	48
Figura 10 – <i>Layout</i> 3D da empresa no <i>Flexsim</i> (perspectiva lateral)	49
Figura 11 – <i>Layout</i> 3D da empresa no <i>Flexsim</i> (vista superior).....	49
Figura 12 – Resultado da simulação no <i>Flexsim</i>	51
Figura 13 – Tempo médio de espera nos estoques	52
Figura 14 – Saídas do estoque por hora.....	52
Figura 15 – Tempo de utilização do estoque.....	52
Figura 16 – Metros percorridos por funcionário	53
Figura 17 – <i>Status de</i> operação dos funcionários	53
Figura 18 – Quantidade de mercadoria em processo.....	54
Figura 19 – Divisão dos participantes por semestre	59
Figura 20 – Legenda dos mapofluxogramas.....	65
Figura 21 – Mapofluxogramas Equipe 1	66
Figura 22 – Mapofluxogramas Equipe 2	66
Figura 23 – Mapofluxogramas Equipe 3	67
Figura 24 – Mapofluxogramas Equipe 4	68
Figura 25 – Mapofluxogramas Equipe 5	68
Figura 26 – Mapofluxogramas Equipe 6	69
Figura 27 – Mapofluxogramas Equipe 7	70
Figura 28 – Mapofluxogramas Equipe 8	70
Figura 29 – Mapofluxogramas Equipe 9	71
Figura 30 – Mapofluxogramas Equipe 10	72
Figura 31 – Avaliação da ABP quanto ao estímulo em sala de aula.....	73
Figura 32 – Avaliação da ABP na disciplina de simulação.....	73

Figura 33 – Avaliação da ABP no ensino de outras disciplinas	74
Figura 34 – Avaliação da aplicação dos conhecimentos adquiridos na disciplina.....	75
Figura 35 – Avaliação da simulação no ensino de outras disciplinas	75
Figura 36 – Avaliação da interface do <i>software</i>	76
Figura 37 – Avaliação da usabilidade do <i>software</i>	77
Figura 38 – Avaliação dos recursos do <i>software</i>	77
Figura 39 – Avaliação da discussão sobre conteúdos	78
Figura 40 – Avaliação das metodologias em conjunto para ensino de outras disciplinas.....	79
Figura 41 – Avaliação das disciplinas que poderiam ser beneficiadas.....	79
Figura 42 – Avaliação geral das metodologias em conjunto.....	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Terminologia necessária à simulação	23
Quadro 2 – Comparação entre o método tradicional e a ABP.....	32
Quadro 3 – Características positivas da ABP	33
Quadro 4 – Áreas da Engenharia de Produção	38
Quadro 5 – Objetivos de desempenho e indicadores.....	39
Quadro 6 – Subáreas da Gestão da Produção	40
Quadro 7 – Tópicos do treinamento inicial e seus objetivos.....	44
Quadro 8 – Descrição das etapas do fluxo de mercadorias	45
Quadro 9 – Regras da simulação e descrições.....	50
Quadro 10 – Resultado das variáveis após a simulação	51
Quadro 11 – Restrições Nível 2.....	55
Quadro 12 – Restrições Nível 3.....	56
Quadro 13 – Dados Nível 3	56
Quadro 14 – Turmas e equipes participantes.....	58
Quadro 15 – Resumo das avaliações	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados das variáveis para o Nível 1	59
Tabela 2 – Resultados das variáveis para o Nível 2	61
Tabela 3 – Resultados das variáveis para o Nível 3	62
Tabela 4 – Análise financeira da hora extra	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
ABENGE	Associação Brasileira de Educação em Engenharia
ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
COBENGE	Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia
IES	Instituição de Ensino Superior
IGC	Índice Geral de Cursos Avaliados da Instituição
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
PO	Pesquisa Operacional
SED	Simulação de Eventos Discretos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Contextualização	17
1.2	Objetivos.....	19
<i>1.2.1</i>	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>19</i>
<i>1.2.2</i>	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>19</i>
1.3	Justificativa	20
1.4	Estrutura do trabalho	22
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1	Simulação	23
<i>2.1.1</i>	<i>Terminologia.....</i>	<i>23</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Modelos de simulação</i>	<i>24</i>
<i>2.1.2.1</i>	<i>Simulação de Eventos Discretos (SED)</i>	<i>25</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Vantagens e desvantagens da simulação.....</i>	<i>26</i>
<i>2.1.3.1</i>	<i>Vantagens.....</i>	<i>26</i>
<i>2.1.3.2</i>	<i>Desvantagens.....</i>	<i>27</i>
<i>2.1.4</i>	<i>Softwares de simulação</i>	<i>27</i>
<i>2.1.4.1</i>	<i>Flexsim</i>	<i>27</i>
<i>2.1.5</i>	<i>Etapas de um modelo de simulação.....</i>	<i>28</i>
<i>2.1.6</i>	<i>Aplicações da simulação</i>	<i>29</i>
<i>2.1.6.1</i>	<i>Simulação para ensino de engenharia</i>	<i>29</i>
2.2	Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).....	30
<i>2.2.1</i>	<i>Origem, conceito e caracterização do método.....</i>	<i>30</i>
<i>2.2.2</i>	<i>Vantagens e desvantagens da ABP.....</i>	<i>32</i>
<i>2.2.2.1</i>	<i>Vantagens.....</i>	<i>32</i>
<i>2.2.2.2</i>	<i>Desvantagens.....</i>	<i>33</i>
<i>2.2.3</i>	<i>Aplicações da ABP</i>	<i>34</i>

2.2.4	<i>Utilização da ABP na engenharia</i>	36
2.3	Gestão da Produção	37
2.3.1	<i>Objetivos de desempenho</i>	39
2.3.2	<i>Subáreas da gestão da produção</i>	39
3	METODOLOGIA	41
3.1	Classificação da pesquisa	41
3.2	Etapas do estudo	41
3.2.1	<i>Aula introdutória</i>	42
3.2.2	<i>Apresentação do software</i>	43
3.2.3	<i>Treinamento básico no software</i>	43
3.2.4	<i>Construção do problema ideal</i>	44
3.2.4.1	<i>Definição do problema base</i>	44
3.2.4.2	<i>Alterações no problema base</i>	45
3.2.4.3	<i>Adaptação do problema ideal ao simulador</i>	47
3.2.4.4	<i>Regras iniciais e simulação do problema ideal</i>	50
3.2.4.5	<i>Variáveis e indicadores da simulação do problema ideal</i>	51
3.2.4.6	<i>Apresentação do problema e da ABP aos alunos</i>	54
3.2.5	<i>Nível 1: Organizando o processo</i>	54
3.2.6	<i>Nível 2: Problemas com funcionários</i>	55
3.2.7	<i>Nível 3: Aumento de mix de produtos</i>	56
3.2.8	<i>Avaliação geral do experimento</i>	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.1	Equipes e participantes	58
4.2	Resultados e estatísticas das simulações	59
4.2.1	<i>Nível 1</i>	59
4.2.2	<i>Nível 2</i>	60
4.2.3	<i>Nível 3</i>	62

4.3	Análise geral dos <i>layouts</i>	65
4.4	Avaliações pelos participantes.....	72
4.4.1	<i>Avaliação da Metodologia ABP</i>	72
4.4.2	<i>Avaliação da Simulação</i>	74
4.4.3	<i>Avaliação do Software Flexsim</i>	76
4.4.4	<i>Avaliação geral do experimento</i>.....	78
5	CONCLUSÃO	82
5.1	Conclusões.....	82
5.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	85
	REFERÊNCIAS	86
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO EXPERIMENTO .	91
	APÊNDICE B – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 1.....	92
	APÊNDICE C – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 2.....	94
	APÊNDICE D – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 3.....	96
	APÊNDICE E – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 4.....	98
	APÊNDICE F – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 5	100
	APÊNDICE G – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 6.....	102
	APÊNDICE H – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 7.....	104
	APÊNDICE I – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 8	106
	APÊNDICE J – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 9.....	108
	APÊNDICE K – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 10.....	110
	ANEXO A – PROCESSO SETOR DE RECEBIMENTO (PROBLEMA BASE)	112

ANEXO B – MAPOFLUXOGRAMA (PROBLEMA BASE).....	113
ANEXO C – FOLHA RESPOSTA (PROBLEMA BASE).....	114
ANEXO D – MODELO DOS MÓVEIS (PROBLEMA BASE).....	115

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Atualmente, o nível de globalização do mundo exige que as organizações se dediquem a melhorar suas operações e serviços prestados para se manterem competitivas no mercado. Ambientes de trabalho complexos e o encarecimento dos recursos têm levado as organizações a procurar novas soluções em produtividade e principalmente, por profissionais mais capacitados e multidisciplinares.

A preparação profissional é o papel mais claro e, possivelmente o mais impactante, a médio prazo, que as Instituições de Ensino Superior (IES) desempenham. De acordo com Santana (2011), a sociedade tem a expectativa de que as universidades preparem profissionais competentes, e, como colocam Heinig e Franzen (2013), isso implica mudanças na formação acadêmica, o que leva à necessidade de se repensar a forma de transmitir conhecimento nos cursos de engenharia.

Os engenheiros de produção são especialmente afetados por essa realidade, visto que são definidos como capazes de visualizar os problemas de forma global, mobilizar os recursos necessários para oferecer soluções ótimas aos impasses empresariais e industriais, através da aplicação de conhecimentos interdisciplinares (CUNHA, 2002).

Segundo dados do INEP, no ano de 2016, o Brasil formou 100.421 novos engenheiros. Destes, 35.360 em Engenharia Civil (35,21%), 17.344 de Produção (17,27%), 11.434 Mecânica (11,38%) e 9.728 Elétrica (9,68%). Contudo, estudos divulgados no ano de 2018 pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE) chamam atenção para a qualidade das instituições de ensino de engenharia. Segundo a entidade, apenas 4% delas têm Índice Geral de Cursos (IGC) 4 ou 5, sendo que as boas avaliações estão concentradas nas universidades públicas. Ou seja, a maioria dos engenheiros brasileiros estão sendo formados por faculdades com IGC 3 ou 2, o que impacta na qualificação dos profissionais que estão entrando no mercado de trabalho.

Para Borges e Almeida (2013), a formação dos engenheiros não pode mais ser apenas técnica; é preciso que outras habilidades também sejam desenvolvidas, tais como atitude empreendedora e capacidade de inovação, de gestão, de comunicação, de liderança e de exercer funções em equipes multidisciplinares. Para eles, o ensino em engenharia deve

abranger planejamento, elaboração e implementação, adequando os estudantes e futuros profissionais a uma visão de interação de aprendizagem e vivência do exercício profissional.

Neste contexto, as instituições têm sido estimuladas a adaptarem sua forma de transmitir conhecimento, voltando os estudantes para a solução de problemas reais e rompendo com estruturas engessadas e modelos de ensino tradicionais, nos quais os alunos assumem o papel de indivíduos passivos.

Como forma de conciliar a apresentação de um volume crescente de conhecimentos técnicos e científicos à necessidade de trabalhar habilidades e atitudes, já existem várias alternativas válidas ao ensino superior convencional. Entre elas, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) ou *Problem-Based Learning* (RIBEIRO, 2008) e a Simulação de Eventos Discretos (SED), que conforme Khalil (2012) é de grande utilidade para a maior interatividade, compreensão de conceitos e dinamismo em sala de aula.

A ABP é uma metodologia ativa de aprendizagem concebida inicialmente para o ensino de medicina, mas que ganhou destaque em diversas áreas do conhecimento. Segundo Madruga (1996), a metodologia trabalha a construção de conhecimentos a partir da vivência de experiências significativas. Apoiada nos processos de aprendizagem por descoberta, os conteúdos de ensino não são oferecidos aos alunos em sua forma acabada, mas na forma de problemas, cujas relações devem ser descobertas e construídas pelo aluno, que precisa reorganizar o material, adaptando-o à sua estrutura cognitiva prévia para descobrir relações, leis ou conceitos que precisará assimilar.

Para Aravena-Reyes (2014), a ABP parte da premissa de que o problema já existe. Seja para tratá-lo de forma concreta (um problema real) ou de forma abstrata (um problema ideal), a noção de que o problema existe é a condição para se iniciar um processo de ensino que se fundamenta na articulação de demandas de conteúdos para serem aplicados a uma condição de enunciação.

No contexto do ensino de engenharia, a utilização da metodologia ABP pode servir de auxílio à vivência laboratorial das situações problemáticas que ocorrem no cotidiano desta profissão, permitindo melhor preparação para o mercado de trabalho (THEISEN, 2015).

À medida que o planejamento se tornou fundamental e a educação voltada para a resolução de problemas, as tecnologias de informação para administração e manufatura de processos se popularizaram e se transformaram em ferramentas para os engenheiros de produção, auxiliando-os e tornando suas decisões cada vez mais assertivas (BAKHTAZE, 2004).

Desta forma, a simulação destacou-se como metodologia utilizada tanto para avaliação de novos sistemas, como para reconfiguração ou mudança de regras em sistemas já operantes, uma vez que se trata de um processo de experimentação de um modelo (baseado em um sistema real) que pode determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno (HARREL, GHOSH e BOWDEN, 2004).

A Simulação de Eventos Discretos (SED) é um tipo de modelo de simulação adequado para a análise de sistemas no qual o estado das variáveis muda apenas com a ocorrência de eventos. A metodologia vem sendo cada vez mais utilizada e difundida, principalmente devido ao surgimento de softwares específicos, ocorrido nos últimos anos.

Nesse contexto, mostra-se interessante e pertinente a experiência de utilização da Simulação de Eventos Discretos e da Metodologia ABP, em conjunto, no ensino de conteúdos relativos à Engenharia de Produção. Os resultados da aplicação são apresentados e discutidos neste trabalho.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo aplicar a Simulação de Eventos Discretos (SED), através do *Software Flexsim*, e da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) como ferramentas de apoio ao ensino de alunos de um curso de Engenharia de Produção Mecânica, tornando evidente os resultados do uso das metodologias em sala de aula, bem como a percepção e desempenho dos alunos ao longo da experimentação.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos norteiam os esforços despendidos no estudo e representam avanços em direção ao objetivo geral. Neste trabalho são representados por quatro *checkpoints*:

- a) Empregar a metodologia ABP, por meio da formulação de problemas que envolvam conceitos e ferramentas de gestão da produção;
- b) Aplicar a SED, através do *Flexsim*, para a simulação de soluções para os problemas apresentados;

- c) Analisar e discutir os resultados obtidos e desempenho dos alunos nas simulações;
- d) Avaliar a utilização das metodologias, do *software* e o experimento de maneira geral.

1.3 Justificativa

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Engenharia (BRASIL, 2002), Art. 3, o egresso/formando deve estar apto a desenvolver novas tecnologias de acordo com as atualidades, avaliar criticamente a operação, conduzir experimentos, analisar dados e resultados, e principalmente, estar apto a resolver problemas que possam surgir neste processo. Desta forma, o curso de engenharia tem a função de estimular essas habilidades a partir de projetos com complexidade crescente, o que exige um planejamento direcionado das instituições e a escolha da metodologia a ser utilizada (MASSON, 2012), que deverá estimular os estudantes à proatividade, tomar decisões e avaliar os resultados, experimentando assim todas as vertentes do problema (MORAN, 2015). Contudo, Ribeiro (2008) chama atenção para alguns problemas ligados ao processo de formação em Engenharia, como a alienação dos estudantes no ciclo básico, a ausência de integração entre teoria e prática e a dificuldade em promover conhecimentos além dos técnicos e científicos da grade curricular.

Nesse contexto, diversos estudos sobre as metodologias de ensino e suas aplicações surgiram no meio acadêmico. Em seus resultados, muitos sugerem que a aprendizagem é aperfeiçoada pela interação social e melhorada quando os alunos são expostos a situações reais nas próprias vidas, característica que se observa na Aprendizagem Baseada em Problemas.

Em recente estudo, Vieira (2017) relaciona a bibliografia dos trabalhos acadêmicos publicados (artigos de periódicos e anais de eventos, dissertações e teses) a respeito da utilização da metodologia ABP nos cursos de engenharia brasileiros na última década. Mesmo sendo considerados escassos, os resultados apontam uma produção crescente na área e favorecem o entendimento de que há muito a se explorar sobre o tema. Foram identificados 75 trabalhos acadêmicos, sendo quatro dissertações, uma tese, onze artigos de periódicos e 62 artigos publicados nos anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE).

Dentre as vantagens mais citadas pelos estudos com aplicação da ABP estão: a capacidade de tornar a aprendizagem mais dinâmica e envolvente, poder conferir aos

discentes mais motivação para o trabalho ao qual estão sendo preparados durante a formação (LOPES, 2007; RIBEIRO, 2008) e ainda a dinâmica de trabalho em grupo, que estimula os alunos a compartilhar opiniões diversas e a construir consensos.

Segundo Araújo *et al.* (2016), a ABP é considerada uma metodologia específica e não há receita pronta para ser utilizada em qualquer contexto ou situação de ensino. É um método que pode oferecer respostas satisfatórias a problemas considerados delicados na formação profissional, principalmente, se aliado à tecnologia e outras ferramentas, como a simulação.

As aplicações decorrentes da simulação têm crescido em todas as áreas do conhecimento, auxiliando gestores na tomada de decisão em problemas complexos, o que também é traduzido em melhor conhecimento dos processos organizacionais (SAKURADA e MIYAKE, 2009). Para Lobão (2000), as principais áreas que a simulação abrange como ferramenta de apoio à tomada de decisões são: econômica, logística, manufatura, militar, negócios, serviços e treinamentos.

Em seu trabalho, Alberti, Furtado e Kipper (2015) apontam a simulação aplicada à produção como uma ferramenta poderosa na análise de sistemas e na resolução de problemas, sendo amplamente utilizada pelo setor industrial/produtivo, com benefícios como: aumento de produtividade, redução do tempo que as peças ficam no sistema, redução dos estoques em processo, aumento das taxas de utilização de equipamentos e funcionários, aumento de entregas dos produtos aos clientes no tempo certo e redução das necessidades de capital.

Para Silva, Alves e Costa (2011), os benefícios da simulação são advindos do conhecimento preliminar do funcionamento dos sistemas e também da possibilidade de manipulação desses sistemas para testar e avaliar hipóteses de melhoria, sem que seja necessário intervir no sistema real no momento da simulação computacional. Portanto, pode-se testar os mais diversos cenários sem que se tenha um dispendioso tempo gasto com tentativas que podem falhar, ou seja, poupa-se tempo e recursos, além de não interferir na produtividade do sistema atual.

De maneira geral, a aplicação, tanto da metodologia ABP, quanto da SED tem mostrado resultados positivos em diversas áreas do conhecimento. O ensino em cursos de engenharia também pode ser beneficiado e renovado com essas ferramentas, principalmente, ao utilizá-las em conjunto.

1.4 Estrutura do trabalho

Estruturalmente, o trabalho encontra-se dividido em 5 capítulos: introdução, revisão bibliográfica, metodologia, resultados e discussões; e conclusão.

No capítulo 1 é introduzido o problema principal do estudo, bem como sua justificativa e seus objetivos.

No capítulo 2 é tratado dos conceitos, técnicas e ferramentas necessários ao entendimento e utilizados pelo estudo, envolvendo principalmente os temas: Simulação, Aprendizagem Baseada em Problemas e Gestão da Produção.

No capítulo 3, a metodologia é apresentada sendo caracterizada cada etapa do estudo, assim como sua classificação e organização.

O capítulo 4 apresenta e discute os resultados obtidos nas simulações e o desempenho dos estudantes ao longo de todo o experimento.

Por fim, no capítulo 5, a conclusão, são feitas as considerações finais e a indicação para estudos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Simulação

A simulação pode ser definida como uma técnica que permite, através de experimentos, analisar o comportamento de um sistema ou de um modelo que o represente de forma simplificada. Através de estudos aplicados, é possível avaliar os resultados que serão encontrados em situações reais, expandindo a compreensão do comportamento de sistemas ou mesmo avaliar as estratégias frente a fatos dos quais não se consegue vislumbrar os resultados ou a totalidade de suas implicações (SANTOS, 1992).

Para Kelton, Sadowski e Sadowski (2010), a simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos, com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação.

Já para Duarte (2003), o processo de simulação consiste em traduzir um problema que ocorra na realidade para uma plataforma onde os parâmetros possam ser controlados e os efeitos decorrentes destas condições possam ser observados a baixos custos e em pequenos períodos.

Segundo Hillier e Lieberman (2006), a simulação tem suas raízes na Pesquisa Operacional (PO), que foi afetada efetivamente pela revolução computacional na década de 50. Para os autores, a técnica é resultado da consolidação da utilização dos computadores pessoais, cada vez mais poderosos e munidos de *softwares* específicos, iniciada nos anos 80. Freitas Filho (2008) ressalta que com as novas interfaces gráficas mais amigáveis e compatíveis com diversas plataformas, a simulação deixou para trás o estigma de ser utilizada apenas “quando tudo mais já havia sido tentado”.

2.1.1 Terminologia

Para a compreensão da simulação é necessário o conhecimento de alguns termos técnicos e conceitos utilizados na metodologia. Estes são apontados por Freitas Filho (2008) no seu estudo e apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Terminologia necessária à simulação

Termo	Conceito
Sistema	Grupo de objetos que interagem de forma a alcançar um propósito comum.

Variáveis de estado	Conjunto de informações necessárias para se entender o que está havendo no sistema num determinado momento, em relação aos objetos de estudo. Exemplos: número de peças, pessoas ou tarefas esperando na fila.
Eventos	São episódios que, quando acontecem, provocam uma mudança de estado no sistema. Toda alteração de estado é provocada por um evento. Exemplo: a chegada de peças, clientes; o início de um processamento; a saída das peças do sistema.
Entidades/Objetos	É o que age na simulação, podendo se mover, juntar com outras entidades e afetar o sistema. Podem ser dinâmicas (que se deslocam através do sistema) ou estáticas (que servem outras entidades). Exemplos de dinâmicas: peças, clientes, tarefas e produtos. Exemplos de estáticas: máquinas e operadores.
Atributos	São características próprias que definem totalmente as entidades. Possibilita a aquisição de estatísticas importantes para quem deseja averiguar o comportamento dos sistemas em estudo. Exemplos: idade dos clientes, altura e cor.
Recursos	São classificados como entidades estáticas que fornecem serviço as dinâmicas. Uma entidade pode necessitar de vários recursos ao mesmo tempo, como uma pessoa e uma máquina. Exemplos: pessoas, equipamentos ou espaços que são utilizados pelas entidades.

Fonte: Freitas Filho (2008).

2.1.2 Modelos de simulação

O comportamento de um sistema real ou hipotético ao longo do tempo é estudado na simulação a partir de um modelo, que é formado por uma série de considerações lógicas, matemáticas e simbólicas sobre a interação entre os objetos de interesse do sistema. Uma vez concebido, o modelo auxilia a determinação de melhorias nos sistemas, tanto com a simulação de mudanças em sistemas já existentes, como com a previsão do comportamento de sistemas ainda em desenvolvimento em circunstâncias hipotéticas (BISCOTTO, 2008).

Freitas Filho (2008) aponta que um modelo de simulação é executado ao invés resolvido, permitindo análises constantes à medida que novas indagações sobre o comportamento do sistema modelado sejam feitas.

Os modelos devem ser tão simples quando possíveis e tão complexos quanto necessário para que ocorra um equilíbrio satisfatório entre os erros das estimativas e dos parâmetros modelados (BARIONI, 2002).

A literatura é farta em classificações de modelos, mas Law e Kelton (1999) classificam-nos em três grupos distintos:

- a) simulação de sistemas estáticos x simulação de sistemas dinâmicos;

- b) simulação de sistemas determinísticos x simulação de sistemas probabilísticos;
- c) simulação de eventos discretos x simulação de sistemas contínuos.

Os modelos de simulação podem ser classificados como estáticos ou dinâmicos, de acordo com sua relação com o tempo. Um modelo estático é aquele que representa o sistema em um instante específico, enquanto um modelo dinâmico é caracterizado por representar o comportamento do sistema ao longo de um intervalo determinado de tempo (BISCOTTO, 2008).

Biscotto (2008) também aponta que na simulação de sistemas determinísticos, os valores das variáveis são constantes, ou seja, toda a vez que o modelo é rodado, sem a alteração dos dados de entrada, são obtidos os mesmos dados de saída. Já na simulação de sistemas probabilísticos - também chamados estocásticos - as variáveis podem assumir quaisquer valores dentro de intervalos definidos por distribuições de probabilidade.

Quanto à classificação em discretos ou contínuos, Freitas Filho (2008) informa que nos modelos discretos, as variáveis de estado mantêm-se inalteradas ao longo de intervalos de tempo e mudam seus valores somente em pontos bem definidos; já nos modelos contínuos, as variáveis de estados podem mudar seus valores continuamente ao longo do tempo.

2.1.2.1 Simulação de Eventos Discretos (SED)

Para Stivari e Gameiro (2013), a SED baseia-se na geração de eventos e é o modelo mais utilizado na prática. Para eles, uma vez que o sistema estiver descrito e modelado, serão conhecidas todas as atividades e entidades envolvidas. Cada evento significa o início ou fim de uma atividade, podendo ser perfeitamente caracterizado e uma lista cronológica de todos os eventos pode ser elaborada.

Os modelos deste tipo são analisados empregando métodos numéricos – que utilizam procedimentos computacionais - em vez de métodos analíticos – que utilizam a matemática - para a solução do problema (BISCOTTO, 2008).

Na Simulação de Eventos Discretos é gerado um histórico artificial do sistema e observações são coletadas para serem analisadas e, só então, são obtidas as estimativas para as medidas de desempenho do sistema. O conteúdo gerado por este histórico varia de modelo para modelo de acordo os objetivos do estudo (BISCOTTO, 2008).

Hillier e Lieberman (2006) exemplificam a simulação por eventos discretos como um sistema de filas, no qual o estado do sistema é o número de clientes em fila e em atendimento. Os eventos discretos seriam a chegada de clientes no guichê de atendimento e a saída dos mesmos ao finalizar o atendimento. Assim, ocorre uma mudança de estado do sistema de acordo com a velocidade de atendimento no guichê, por exemplo.

2.1.3 Vantagens e desvantagens da simulação

2.1.3.1 Vantagens

De acordo com Freitas Filho (2008), as principais vantagens da simulação são:

- a) um modelo de simulação pode ser utilizado várias vezes para avaliar diferentes projetos;
- b) o tempo pode ser parametrizado, possibilitando controlar a velocidade dos fenômenos que ocorrem e, conseqüentemente, a qualidade da análise;
- c) na simulação, o sistema proposto pode ser analisado, mesmo quando os dados de entradas deste sejam ainda esquemas ou rascunhos;
- d) podem ser testadas diferentes hipóteses de porquê acontecem os fatos;
- e) a constatação de gargalos na produção pode ser encontrada de maneira mais fácil, principalmente pela ajuda visual;
- f) um estudo de simulação procura mostrar exatamente como um sistema funciona, ao contrário de como os outros pensam que ele opera;
- g) na simulação pode-se adiantar algumas situações futuras, fazendo com que esta seja um mecanismo para estudar dúvidas do tipo: “O que aconteceria se?”.

Já para Gavira (2003) as vantagens da simulação estão evidenciadas no fato de os modelos computacionais serem mais realistas que os matemáticos, haver maior liberdade durante o processo de elaboração do modelo, permitir o vislumbre muito mais claro das possíveis conseqüências associadas ao processo de tomada de decisões e, além disso, uma das principais vantagens do modelo de simulação é o fato de garantir uma visão sistêmica do problema através de animações.

2.1.3.2 Desvantagens

As principais desvantagens da simulação, apontadas por Freitas Filho (2008), são:

- a) a construção de modelos requer boas habilidades do analista;
- b) a dificuldade em interpretar os resultados da simulação;
- c) a modelagem e a experimentação associadas a modelos de simulação consomem muitos recursos, principalmente tempo.

2.1.4 Softwares de simulação

Para a realização da simulação utilizam-se *softwares*, que podem ser basicamente agrupados em duas categorias: linguagens de simulação e simuladores (LAW e KELTON, 1999). A primeira categoria tem como vantagem a abertura para geração de modelos dos mais variados tipos de sistema, porém tem como desvantagem um elevado nível de especialização para sua operacionalização. Por outro lado, os simuladores requerem menor tempo para construção de sistemas, devido à sua interface de utilização amigável (SAKURAKA e MIYAKE, 2009).

Ming & Wong (2007) informam que os pacotes de *software* de simulação disponíveis comercialmente ganharam popularidade e encontraram inúmeras aplicações em lidar com desafios de engenharia e de gestão do mundo real.

Segundo Prado (2010), cada *software* de simulação possui uma característica básica que o diferencia dos outros: a visão do mundo. Este termo significa a forma como o *software* foi concebido, ou como ele vê um sistema a ser simulado. Isto tem como consequência que a maneira como os dados serão fornecidos a cada *software* é diferente dos outros e os relatórios gerados também possuem suas características específicas. Atualmente há no mercado inúmeros *softwares* de simulação, como por exemplo: *ProModel*, *@Risk*, *Arena* e o *Flexsim*, adotado neste estudo.

2.1.4.1 Flexsim

O *software* escolhido para este estudo foi o *Flexsim* (versões 7.5 e 18.2), desenvolvido pela *FlexSim Software Products, Inc*, por ser esta ferramenta possuir um 3D robusto, um avanço em relação à maioria dos concorrentes que ainda utilizam tecnologia 2D.

A ferramenta também apresenta uma interface bastante eficaz, de fácil manuseio e amigável para todos os níveis de usuário. Além disso, apresenta diversos recursos oriundos do fato de ser um *software* mais flexível em modificar objetos e seus comportamentos com a finalidade de atender as mais variadas exigências de modelagem solicitadas pelo usuário. A possibilidade de comunicação com outros *softwares* como *Autocad*, *Excel* e *Sketchup* se mostra um diferencial do simulador em relação aos concorrentes. Segundo Chen, Hu e Xu (2013), o *Software Flexsim* é uma integração típica entre a tecnologia de realidade virtual e a simulação orientada a objetos discretos.

Para a modelagem do processo, o simulador dispõe de objetos com funções pré-definidas e parâmetros ajustáveis. Cada passo do processo pode exigir um ou mais recursos, tais como uma máquina, um transportador, um operador de um veículo ou de uma ferramenta de algum tipo. Alguns desses recursos são estacionários e alguns são móveis, alguns recursos são dedicados a uma tarefa específica e outros devem ser compartilhados entre várias tarefas. Esses objetos podem ser interligados gerando um fluxo de processamento de itens, que muitas vezes são produtos físicos, mas eles também podem ser clientes, documentos, desenhos, tarefas, telefonemas, mensagens eletrônicas, etc.; o que torna a simulação mais realista.

Figura 1 – Exemplo de simulação no *Flexsim*



Fonte: Site da Empresa *Flexsim* (2018)

2.1.5 Etapas de um modelo de simulação

Muitos autores na literatura, como Law e Kelton (1999), relatam que um estudo de simulação, assim como todo projeto, precisa que sua estrutura seja estabelecida antes do início da modelagem no computador e deve passar por algumas etapas básicas:

- a) formulação do problema e planejamento do estudo;
- b) coleta de dados e definição do modelo;
- c) validação dos dados;
- d) implementação computacional e verificação;
- e) execução de rodadas-piloto;
- f) validação do modelo;
- g) planejamento de experimentos;
- h) execução de rodadas de produção;
- i) análise de dados da saída;
- j) documentação, apresentação e implementação de resultados.

2.1.6 Aplicações da simulação

Lobão (2000) aponta que a simulação é altamente aplicável em sistemas de computação, sistemas produtivos, órgãos governamentais, gestão de negócios, sistemas logísticos, dentre muitos outros. A versatilidade desta ferramenta propulsiona sua utilização e disseminação dentre os gestores, sendo utilizada no apoio à tomada de decisão, principalmente por incluir complexidades reais dos problemas e por ser descritiva, permitindo a análise de todas as variáveis pertinentes e dos efeitos decorrentes destas no processo. A ferramenta também possibilita soluções por aproximar um conjunto de combinações e alternativas e por explicitar aquela que proporciona o melhor desempenho. (FRIGERI, BIANCHI e BACKES, 2007)

Law e Kelton (1999) apresentam aplicações da simulação em diversas áreas, como sistemas de manuseio de materiais, engenharia civil, indústria automobilística, transportes, saúde, área militar, serviços, sistemas de comunicação e de computação, programação de atividades, alocação de pessoal, reengenharia de processos de negócios e sistemas humanos, dentre outras.

2.1.6.1 Simulação para ensino de engenharia

Khalil (2012) defende que a simulação para fins educacionais é importante para melhorar as práticas pedagógicas em cursos de engenharia, pois possibilita o estudo e experimentação de complexas interações internas de um sistema; entender algumas variações

no meio ambiente e identificar seus efeitos em todo o sistema; usar para experiências com novas situações, sobre as quais se tem pouca ou mesmo nenhuma informação; servir como um primeiro teste para se delinear novas políticas e regras de decisão para a operação de um sistema, antes de experimentá-la no sistema real.

Em seu estudo, Rangel *et al.* (2012) descrevem dois modelos de simulação construídos para demonstrar a possibilidade de utilização de *softwares* de simulação de eventos discretos como um ambiente de treinamento de lógicas de controle automático de processos industriais. No experimento foi efetuada a integração de um modelo de simulação construído com o *Software Arena* recebendo sinal de comando de um Controlador Lógico Programável (CLP). O ambiente virtual proposto, oriundo do modelo de simulação, possibilitou a realização de diferentes testes de lógicas de controle.

2.2 Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)

2.2.1 Origem, conceito e caracterização do método

Problem-Based Learning (PBL) ou Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma metodologia ativa de aprendizagem que se baseia em experiências. Nela os estudantes são estimulados a realizar a investigação, explicação e a resolução de problemas significativos, aqueles os quais os alunos vejam sentido, ou seja, que observam a possibilidade de se depararem com eles no decorrer de suas carreiras (RIBEIRO, 2008). Assim, de modo colaborativo, através do trabalho em grupos, os estudantes buscam as informações necessárias para a resolução problema. Na ABP, o professor assume o papel de facilitador, orientando os alunos através de ciclos de aprendizado, diferentemente da metodologia tradicional, onde ele é exclusivamente detentor e transmissor do conhecimento (HMELO-SILVER, 2004).

Segundo Ribeiro e Mizukami (2005), o método teve sua origem nos anos 60, na Escola de Medicina da Universidade *McMaster*, no Canadá, a partir da constatação por parte dos administradores e docentes do curso, de que os formandos não tinham suficiente capacidade de aplicação de conteúdos conceituais para obtenção de diagnósticos no exercício da profissão de médico. Além disso, apresentavam poucas habilidades e atitudes profissionais desejáveis à prática da medicina.

Nesse período, a dinâmica da educação médica era composta por intensas palestras de ciências básicas, seguida por exaustivos e desumanos programas clínicos, tornando todo o processo de aprendizagem ineficaz. Diante da situação, o corpo docente da

Universidade *McMaster* fez uma reestruturação completa no currículo do curso, colocando o processo tutorial como o componente central da sua filosofia de ensino e promovendo uma aprendizagem multidisciplinar centrada no aluno (SAVERY, 2006).

A experiência foi tão bem-sucedida, que desde então diversos cursos de medicina começaram a utilizar essa metodologia, assim como os cursos de administração, enfermagem, pedagogia, engenharia, arquitetura, direito e serviço social, entre outros (CASALE, 2011).

Para Ribeiro (2008), a ABP tem sua fundamentação no pressuposto de que a aprendizagem não é um simples processo de recepção de informações, mas de construção de significados. Para ele, a metodologia parte da premissa de que a aprendizagem acontece, principalmente, quando se utiliza os conhecimentos prévios dos alunos; ou seja; de estratégias de estudo que promovam a elaboração das informações e sua incorporação por estruturas cognitivas existentes, transformando-as.

Segundo Echavarría (2010), na Abordagem Baseada em Problemas o ponto de partida do processo de aprendizagem é o problema em si. A metodologia é centrada nos alunos, considerando que eles usam suas próprias experiências particulares e interesses; é baseada em atividades porque requer a tomada de decisões e pesquisa por parte dos alunos e é baseada na aprendizagem em grupos, pois devido ao processo ser realizado em equipe, eles aprendem juntos. Para o autor, a ABP trabalha diferentes aspectos da estrutura, processo e metas, os quais permitem uma distinção interessante entre o método empregado e as estratégias que foram utilizadas na solução dos problemas.

Savin-Baden (2000) define a ABP como uma metodologia de ensino e aprendizagem colaborativa, construtivista e contextualizada, na qual situações-problema são utilizadas para iniciar, direcionar e motivar a aprendizagem de conceitos, teorias e o desenvolvimento de habilidades e atitudes no contexto de sala de aula, isto é, sem a necessidade de conceber disciplinas especialmente para este fim.

Já Prince e Felder (2006) definem a ABP como um projeto de ensino que começa com o objetivo de realizar uma ou mais tarefas que levam à produção final de um outro projeto, um modelo, um dispositivo ou uma simulação de computador.

Frente a todas essas definições literárias, Echavarría (2010) explica que, em termos de teorias, não há uma que predomine como absoluta. Isso acontece devido ao fato de que a ABP foi desenvolvida em primeiro lugar e acima de tudo, da prática.

Ribeiro e Mizukami (2005) salientam que mesmo tendo sido sistematizada há pouco mais de 50 anos, a ABP já ocorre desde o início da civilização, uma vez que se trata de um confronto com o problema. Os autores ainda apontam a metodologia como uma

abordagem inovadora, pois consegue incorporar e integrar conceitos de várias teorias educacionais e operacionalizá-los na forma de um conjunto consistente de atividades.

No Quadro 2 estão listadas as principais diferenças entre o método tradicional e a Aprendizagem Baseada em Problemas, apontadas por Ribeiro (2008) em seu trabalho.

Quadro 2 – Comparação entre o método tradicional e a ABP

Método Tradicional	PBL
Centrado no professor	Centrado no aluno
Linear e racional	Coerente e relevante
Organizado da parte para o todo	Organizado do todo para a parte
Professor como transmissor	Professor como facilitador
Aprender é receber	Aprender é construir
Ambiente estruturado	Ambiente Flexível

Fonte: Ribeiro (2008).

Uma observação importante feita por Echavarría (2010) é que a ABP não é um método de resolução de problemas, mas uma forma de aprender utilizando um problema da vida real.

2.2.2 Vantagens e desvantagens da ABP

2.2.2.1 Vantagens

Segundo Ribeiro e Mizukami (2004), uma das principais vantagens de se utilizar a ABP é que ela permite a realização de objetivos educacionais mais amplos, ou seja, não só a construção de uma base de conhecimentos teóricos, mas também o desenvolvimento de competências que serão úteis na vida profissional do aluno.

Silva e Sena (2016) reforçam a importância dessas competências e as definem como a capacidade de enfrentar situações semelhantes, usando de forma correta, rápida, pertinente e criativa múltiplos recursos cognitivos como: o saber, informações, valores, atitudes, esquemas de percepção, de avaliação e de raciocínio.

Outra vantagem citada por Ribeiro (2008) e Lopes (2007) é a capacidade da ABP de tornar a aprendizagem mais dinâmica e envolvente. Isso pode contribuir muito para instigar nos alunos o interesse pelo estudo e, por consequência, a disposição para a aprendizagem autônoma por toda a vida. Eles ressaltam ainda, que o método parece conferir aos discentes mais motivação para o trabalho ao qual estão sendo preparados durante a formação.

O trabalho em grupo e a atitude dos estudantes, que aprendem a respeitar opiniões diversas, construir consensos e tomar decisões, também é um diferencial do método. Há o desenvolvimento da responsabilidade com relação ao cumprimento de planos e prazos, desenvolvendo a capacidade de estudo e trabalho autorregulado (Ribeiro, 2008).

Ribeiro (2008) também relata que por meio da utilização da ABP, as instituições e os docentes podem identificar precocemente estudantes que não teriam perfil para a profissão em questão e, assim, direcioná-los para outra carreira. Em seu trabalho Williams, Iglesias e Barak (2008), evidenciam algumas características positivas da ABP, apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Características positivas da ABP

Característica	Descrição
Promoção da capacidade analítica.	O aluno desenvolve a habilidade de observar uma situação de modo analítico, a fim de entender o problema e ter condição de resolvê-lo.
Uso de simulações ou de uma experiência para representar uma situação real.	Quanto mais realista a experiência de aprendizagem e quanto mais complexas, maior será o aprendizado do estudante.
Incentivo à aprendizagem colaborativa.	Através de estudos em grupos e ao favorecimento à aprendizagem em ambiente de apoio mútuo. É importante que haja o envolvimento das equipes de estudo em <i>brainstormings</i> sobre a natureza do problema.
Aprendizagem dirigida pelo aluno.	O estudante tem controle sobre os processos de aprendizagem, incluindo o cronograma de planejamento da aprendizagem.
Estímulo ao estudo independente.	Os alunos são incentivados a buscar informações e conhecimentos de modo independente para que possam contribuir com o aprendizado da equipe.
Inferência à reflexão sobre o processo de aprendizagem.	Induzir o aluno a refletir sobre suas experiências de aprendizagem, sobre as deficiências encontradas e as maneiras como podem ser corrigidas.

Fonte: Williams, Iglesias e Barak (2008).

2.2.2.2 Desvantagens

Quanto as desvantagens da ABP, Ribeiro e Escrivão Filho (2009) relatam em uma aplicação da metodologia, que estudantes se queixaram da carga de trabalho e do tempo extraclasse despendido com o estudo do problema, da abordagem superficial do conteúdo em sala de aula, do menor volume de conteúdo abordado, da dificuldade de trabalho em conjunto e do fato de que o engajamento dos participantes não é homogêneo dentro das equipes.

Outros relatos das dificuldades da aplicação do método partem de Angelo *et al.* (2014), estes são:

- a) elaborar problemas que reflitam situações do mundo real e que sejam motivadores;

- b) dificuldade do grupo tutorial em estabelecer um tempo para a resolução do problema pelos estudantes;
- c) dificuldade de estipular o escopo do problema;
- d) dificuldade de avaliar individualmente os alunos.

2.2.3 Aplicações da ABP

A Abordagem Baseada em Problemas foi desenvolvida originalmente para ser implementada em todo o curso e servir como o centro do seu currículo (sempre orientada por um conjunto de problemas). Contudo, há relatos de aplicações bem-sucedidas como uma estratégia educacional parcial, isto é, em disciplinas isoladas e até mesmo em partes de uma disciplina (RIBEIRO e MIZUKAMI, 2004). Embora haja diferentes modos e graus de implementação da ABP, todos têm em comum um conjunto de processos que devem ser seguidos (WILLIAMS, IGLESIAS e BARAK, 2008).

Para Lopes *et al.* (2011), a aplicação da metodologia ABP parte do seu componente fundamental, que é o problema. Este é o marco inicial e ao longo do processo existem ciclos estruturados de atividades, desde a constituição do cenário do problema, passando pela identificação de elementos, hipóteses e processos, até a aplicação propriamente dita. Em cada um desses ciclos, representados na Figura 2, o estudante desenvolve os conhecimentos necessários para formular a resolução do problema inicial, proporcionando a construção de novos conhecimentos.

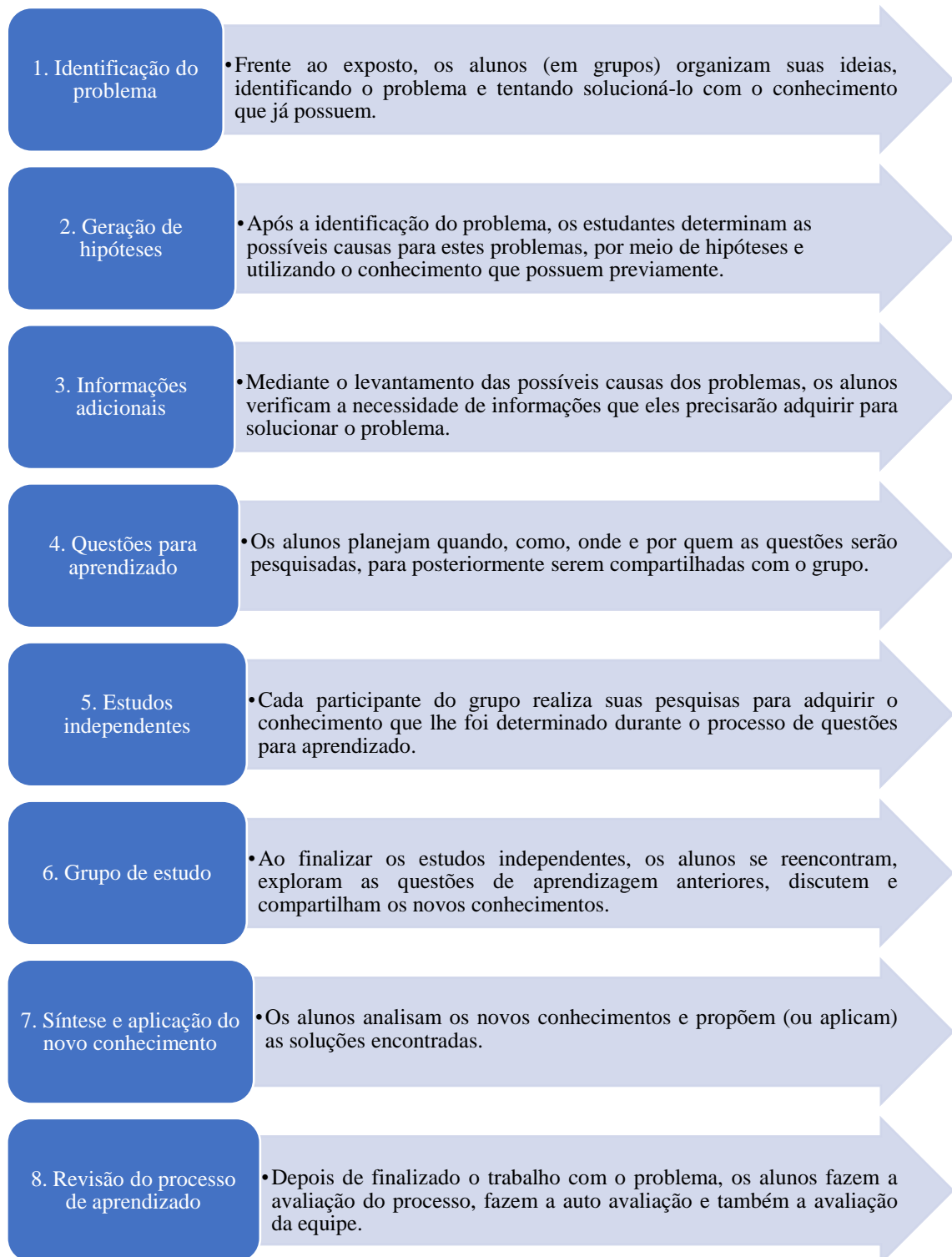
Figura 2 – Ciclo de aprendizado da ABP



Fonte: Lopes *et al.* (2011),

Já para Williams, Iglesias e Barak (2008), o processo de implementação da ABP deve seguir as etapas apresentadas e descritas na Figura 3.

Figura 3 – Modelo de Aprendizagem Baseada em Problemas



Fonte: Adaptado de Williams, Iglesias e Barak (2008).

Segundo Ribeiro (2005), uma das variáveis que mais afeta a aplicação da ABP é o grau de estruturação do enunciado. Quanto menos estruturado o problema, ou seja, com informações insuficientes e questionamentos, maior as chances de os participantes desenvolverem habilidades de solução de problemas. O problema empregado nesse tipo de aprendizagem deve ser real ou uma simulação próxima da realidade, abrangendo várias áreas de conhecimento.

Lima e Linhares (2008) defendem que o problema deve abranger os seguintes princípios: (i) conter descrição neutra do acontecimento; (ii) conduzir a atividade de resolução de problemas pelos alunos; (iii) formulado de uma situação tão concreta quanto possível e (iv) ter grau de dificuldade adaptado ao conhecimento prévio de cada estudante.

Já para Escrivão Filho e Ribeiro (2008), os problemas ABP devem ser reais ou potencialmente reais. No entanto, apesar de sua similaridade com os problemas da vida real, devem ser condizentes com o nível cognitivo dos alunos. Isto é, devem ser concebidos de forma a desafiar a capacidade intelectual/emocional e destreza dos alunos, mas sem frustrar sua capacidade de resolvê-los. Segundo os autores, as características fundamentais para um problema ABP são: (i) deve ser de fim aberto, ou seja, comportar várias respostas igualmente válidas; (ii) deve ser relevante ao exercício profissional dos alunos e (iii) deve ser típico, ou seja, pode ser facilmente encontrado na prática profissional.

2.2.4 Utilização da ABP na engenharia

Segundo Ribeiro (2008), o modelo ABP original sofreu modificações para ser usado em cursos de arquitetura e engenharia. No ensino de engenharia, o processo de resolução do problema é mais complexo, frequentemente resulta em mais de uma possibilidade e implica a confecção de algum artefato concreto, como maquetes, protótipos e modelos. Esse processo requer mais tempo e conhecimentos conceituais, demandando mais esforço dos estudantes.

A ABP se torna muito importante a medida que os cursos de engenharia necessitam promover habilidades (trabalho em grupo, comunicação oral, escrita e resolução de problemas) e atitudes (ética, responsabilidade profissional e social, adaptabilidade e disposição para a aprendizagem contínua e autônoma), além de garantir base conceitual sólida aos alunos. Por isto, muitos cursos de engenharia mudaram seus métodos do tradicional para a ABP, embora esta prática ainda esteja longe de ser largamente utilizada (RIBEIRO, 2008).

Um das aplicações mais conhecidas do ABP na área da engenharia é a do curso de Engenharia Química da Universidade *Mc Master*, berço da metodologia, no início dos anos oitenta. Woods (2014), em seu estudo, afirma que o curso de Engenharia Química da Universidade *McMaster* utiliza grupos de cinco alunos sem tutores. Antes de se iniciar na ABP os estudantes recebem cinquenta horas de treinamento em habilidades para uso da ABP e os produtos são: conhecimento em matéria de Engenharia Química, habilidade de aprendizado para toda a vida (*lifetime learning*) e habilidades de gestão. Como resultado, o autor afirma que a avaliação dos alunos é mais positiva do que a dos alunos no método tradicional.

Em escala nacional, é válido comentar sobre a utilização da metodologia ABP pelo curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília, descrita por Monteiro (2011). Segundo o autor, a instituição adotou a metodologia no ano de 2011 com a implantação gradual de sete disciplinas, Projetos de Sistema de Produção (PSP1 a PSP7). A disciplina PSP1 foi estruturada com a divisão da classe em grupos de cinco alunos, cabendo a cada grupo a definição de um projeto (problema) e a direção a ser tomada para a solução. Para cada grupo foi atribuído um tutor que era responsável pela aderência ao objeto do projeto e era o elemento de ligação entre o grupo e a coordenação da disciplina. Em pesquisa feita após o término da disciplina, 71% dos alunos que participaram perceberam melhoras no seu desempenho acadêmico após a mudança de metodologia.

Escrivão Filho e Ribeiro (2009), em seu artigo, também relatam uma experiência bem-sucedida de aplicação do método ABP, na disciplina de “Teorias da administração”, em cursos de Engenharia da Escola de Engenharia de São Carlos. No experimento, os alunos formaram grupos de quatro ou cinco membros com desempenho rotativo de papéis de líder, redator e porta-voz. O grupo devia apresentar a solução do problema em produtos variados, como relatório escrito em duas páginas, apresentação oral e criação de esquema visual em cartazes. O resultado da adoção parcial da ABP foi avaliado como bom por 90% dos participantes.

2.3 Gestão da Produção

Em março de 2002, o Ministério da Educação (MEC) estabeleceu as novas diretrizes curriculares nacionais para os cursos de Engenharia pela Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, através da resolução CNE/CES de 11 de março de 2002 (BRASIL, 2002). A partir de então, o profissional de engenharia deveria ter em sua

formação um mínimo de 30% da carga horária em disciplinas que compõem o conteúdo básico (comum a todas as Engenharias) e um mínimo de 15% da carga em disciplinas que compõem o conteúdo profissionalizante - no qual estão elencadas as 11 áreas do conhecimento atuais da Engenharia de Produção, dentre elas, a Gestão da Produção (QUADRO 4).

Quadro 4 – Áreas da Engenharia de Produção

Áreas	
1.	Gestão da produção.
2.	Gestão da qualidade.
3.	Gestão econômica.
4.	Ergonomia e segurança do trabalho.
5.	Gestão do produto.
6.	Pesquisa operacional.
7.	Gestão estratégica e organizacional.
8.	Gestão do conhecimento organizacional.
9.	Gestão ambiental dos processos produtivos.
10.	Educação em engenharia de produção.
11.	Engenharia de produção, sustentabilidade e responsabilidade social.

Fonte: Site da Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO (2018).

Corrêa e Corrêa (2012) definem a gestão de operações ou gestão da produção como a atividade que se ocupa do gerenciamento estratégico dos recursos limitados (humanos, tecnológicos, informacionais, etc.), de sua interação e dos processos que produzem e entregam bens e serviços, com objetivo de atender as necessidades e/ou desejos de qualidade, tempo e custo de seus clientes. Para os autores, a área deve compatibilizar esse objetivo com as necessidades de eficiência no uso dos recursos que os objetivos estratégicos da organização requerem.

Ao escolher as técnicas apropriadas e criar estratégias de operações consistentes, os gerentes podem projetar e operar processos para conceber às empresas uma vantagem competitiva no mercado. A forma do processo pode variar em uma organização, por exemplo, um processo primário seria a transformação física ou química de matérias-primas em produtos, porém existem muitos processos não relacionados à manufatura em uma fábrica, como o processamento de pedidos, compromisso de entrega com os clientes e o controle de estoque (RITZMAN E KRAJESWSKI, 2004).

Dessa forma, é possível encontrar a administração da produção e operações em todas as áreas de atuação do ambiente organizacional, envolvendo os diretores, gerentes, supervisores e/ou qualquer colaborador da empresa.

2.3.1 *Objetivos de desempenho*

Os processos possuem insumos e geram resultados aos clientes. De forma que a primeira responsabilidade de qualquer equipe de gestão da produção é entender quais são os objetivos organizacionais, traduzindo-os em termos de implicações para o objetivo de desempenho específico como: custo, qualidade, velocidade, flexibilidade e conformidade (SLACK; CHAMBERS e JOHNSTON, 2002). No Quadro 5 são apresentados alguns indicadores que podem ser utilizados para mensurar o desempenho nos objetivos apontados.

Quadro 5 – Objetivos de desempenho e indicadores

Objetivos de desempenho	Indicadores
Custo	Custos relativos à concorrência.
	Produtividade do equipamento.
	Índice de refugos.
	Retrabalhos e reparos.
	Custo com materiais.
	Custo com estoque.
Qualidade	Número de reclamações.
	Tempo médio de falha entre produtos.
	Taxa de aprovação no controle de qualidade.
Flexibilidade	Tempo médio de preparação do equipamento.
	Porcentagem do equipamento programável.
	<i>Lead time</i> dos fornecedores.
	Porcentagem de mão de obra polivalente.
Velocidade	Lead time interno.
	Tempos de ciclo de operação.
	Tempo de processamento de pedidos.
	Tempo de resposta à solicitação dos clientes.
Confiabilidade	Percentual de entregas no prazo.
	Atraso médio.

Fonte: Corrêa e Corrêa (2012).

2.3.2 *Subáreas da gestão da produção*

A gestão da produção é um nicho amplo, dessa forma, abrange diversas subáreas, que por sua vez, englobam diversos conceitos, técnicas e ferramentas do conhecimento da Engenharia de Produção. A divisão da área de Gestão da Produção, estipulada pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), está apresentada no Quadro 6.

Quadro 6 – Subáreas da Gestão da Produção

Subáreas	
1.	Gestão de sistemas de produção.
2.	Engenharia de métodos
3.	Planejamento e controle da produção.
4.	Logística e gestão da cadeia de suprimentos e distribuição.
5.	Projeto de fábrica e de instalações industriais.
6.	Gestão da manutenção.
7.	Simulação da produção.
8.	Gestão de processos produtivos.
9.	Gestão de operações e serviços.

Fonte: Site da Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO (2018).

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

As pesquisas podem ser classificadas quanto a quatro aspectos fundamentais: abordagem, natureza, objetivos e procedimentos.

Neste estudo, o processo e seu significado foram os focos principais, de modo a haver o aprofundamento da investigação das questões relacionadas ao fenômeno em estudo e das suas relações, sempre valorizando o contato direto com a situação estudada e a subjetividade do sujeito, a qual não pode ser traduzida em números (GIL, 2007), caracterizando uma abordagem qualitativa.

Quanto ao aspecto de natureza, este trabalho pode ser caracterizado como uma pesquisa aplicada, pois objetivou gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais (GIL, 2007).

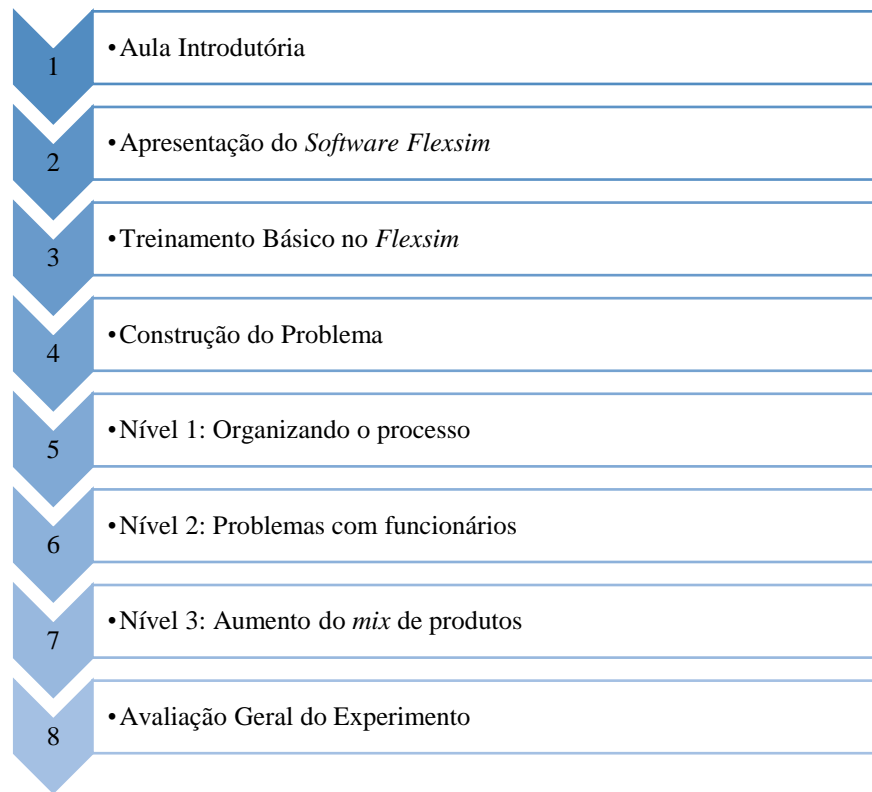
Na classificação quanto aos objetivos, a pesquisa foi caracterizada como pesquisa descritiva, pois teve como objetivo a descrição de características de determinada população ou fenômeno e o estabelecimento de relação entre as variáveis (GIL, 2007).

Quanto ao aspecto dos procedimentos, a classificação foi de pesquisa-ação, visto que houve diálogo e cooperação entre o pesquisador e os participantes visando a construção de soluções para um problema coletivo (GIL, 2007).

3.2 Etapas do estudo

O experimento ocorreu em um laboratório de simulação de uma IES pública do estado do Ceará, durante três turmas distintas da disciplina optativa “Aplicações de Simulação em Sistemas de Produção e Logística”. Ao todo, participaram 20 alunos graduandos em Engenharia de Produção Mecânica, de diversos períodos. As etapas do experimento estão apresentadas na Figura 4 e são discutidas a seguir.

Figura 4 – Etapas do experimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

3.2.1 Aula introdutória

Primeiramente, foram apresentados aos alunos, através de uma aula expositiva, os conceitos básicos necessários à compreensão da disciplina. Essa abordagem inicial mostrou-se necessária, visto que a “Simulação em Sistemas de Produção e Logística” é um componente adicional à grade curricular do curso em questão e não há disciplinas prévias que abordem a metodologia.

A aula introdutória foi ministrada pelo professor da disciplina com apoio de alunos monitores, que relataram suas experiências com a simulação. Na ocasião foram abordados os seguintes temas:

- a) conceitos de simulação;
- b) características da simulação;
- c) tipos e modelos de simulação;
- d) SED – Simulação de Eventos Discretos;
- e) simuladores;
- f) etapas do desenvolvimento de uma simulação;

- g) aplicações da simulação;
- h) simulação na engenharia.

3.2.2 Apresentação do software

A segunda etapa da metodologia também foi caracterizada por uma aula expositiva, onde se apresentou aos estudantes o *software* a ser utilizado nas simulações, o *Flexsim*. Os pontos abordados nessa etapa estão listados abaixo.

- a) recursos e limitações do *software*;
- b) o ambiente 3D e os princípios básicos de usabilidade do *software*;
- c) ferramentas especiais oferecidas pelo *software* - *Experimenter e Optquest, Expertfit* - e suas aplicações;
- d) aplicações do *software*.

Nesta etapa também foram apresentados projetos utilizando o *Flexsim*, desenvolvidos pelos alunos monitores. O objetivo principal era tornar claro para os alunos as várias possibilidades de aplicação da ferramenta e seu funcionamento prático, despertando o interesse dos participantes. A utilização de aulas expositivas na metodologia do experimento foi encerrada neste ponto.

3.2.3 Treinamento básico no software

Nesta etapa os alunos foram iniciados tecnicamente no simulador. O treinamento ocorreu no laboratório de simulação da IES, possibilitando uma abordagem prática do conteúdo e aos alunos trabalharem individualmente ou em duplas. O material didático adotado foi a apostila “Introdução ao *Flexsim* V.01” desenvolvida por bolsistas e professor do próprio laboratório, experientes no *software*, que também auxiliaram nesta etapa como monitores, acompanhando a resolução do material pelos alunos e tirando possíveis dúvidas.

A apostila foi estruturada em sete tópicos, os quais são considerados etapas essenciais para a simulação de problemas de baixa complexidade. Os objetivos de cada tópico estão descritos a seguir, no Quadro 7.

Quadro 7 – Tópicos do treinamento inicial e seus objetivos

Tópico	Objetivo(s)
1. Iniciando o <i>Flexsim</i>	Explicar como criar um modelo.
2. Selecionando Unidades	Apresentar quais são e como devem ser parametrizadas as unidades da simulação, bem como onde estão dispostos os principais botões e abas do simulador.
3. Componentes da Simulação	Apresentar os objetos utilizados na simulação: <i>flowitens</i> , recursos fixos e os executores de tarefas.
4. Inserindo Objetos no Modelo	Inserir os objetos listados anteriormente no ambiente de simulação.
5. Editando Objetos	Apresentar quais parâmetros dos objetos inseridos são possíveis modificar e como realizar a mudança.
6. Realizando Conexões	Conectar os objetos gerando um fluxo e diferenciar quais os tipos de conexão.
7. Modelos	Utilizar os conhecimentos das outras etapas para a criação dos exemplos propostos.

Fonte: Autor (2018).

A duração desta etapa foi de 8 horas/aulas.

3.2.4 Construção do problema ideal

3.2.4.1 Definição do problema base

Enquanto os alunos aprimoravam suas habilidades técnicas no *Flexsim*, os monitores da disciplina iniciavam a utilização da Aprendizagem Baseada em Problemas ao estruturar o problema a ser tratado.

Dessa forma, foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica em livros e materiais *online* que abordassem exercícios e problemas envolvendo a gestão da produção.

Durante a busca foram encontrados na literatura vários artigos que apontavam diversas vantagens em utilizar a simulação em conjunto com a análise de *layout*, assim a busca foi direcionada para este tema. Outra motivação para a definição da temática do problema foi a capacidade de tornar a dinâmica de simulação envolvente e atrativa aos participantes, que é observada no estudo de *layouts*, onde as alterações na disposição virtual dos objetos impactam diretamente os resultados do experimento, diferentemente de problemas mais numéricos. O problema também deveria permitir ser adaptado em vários níveis de dificuldade e representar uma situação próxima à realidade das empresas e práticas da engenharia de produção.

Como resultado da pesquisa foi encontrada uma adaptação feita pelo “Blog de José Luís” e disponibilizada *online*, para um problema de arranjo físico, do livro “Organização, Sistemas e Métodos e as Ferramentas de Gestão Organizacional” de Luis César G. de Araújo – Editora Atlas, 2002.

O problema abordava o processo de recebimento e expedição de mercadorias de uma empresa, onde havia claros problemas na disposição do arranjo físico dos postos de trabalho. De posse do processo mapeado (ANEXO A) e da disposição do *layout* (ANEXO B), os estudantes deviam esboçar uma proposta de arranjo físico para a diretoria da empresa, justificando a sua resposta. Para isso, eles recebiam a planta baixa (ANEXO C) e a mobília (ANEXO D), e deviam fazer a montagem do novo layout, também desenhando o novo fluxo.

Antes de ser efetivamente escolhido, o problema foi aplicado em um treinamento sobre arranjo físico, onde os participantes deviam apresentar e justificar seus resultados. A receptividade dos alunos foi boa e o problema mostrou-se útil para o levantamento de questões referentes ao conteúdo, sendo então selecionado para este estudo.

3.2.4.2 Alterações no problema base

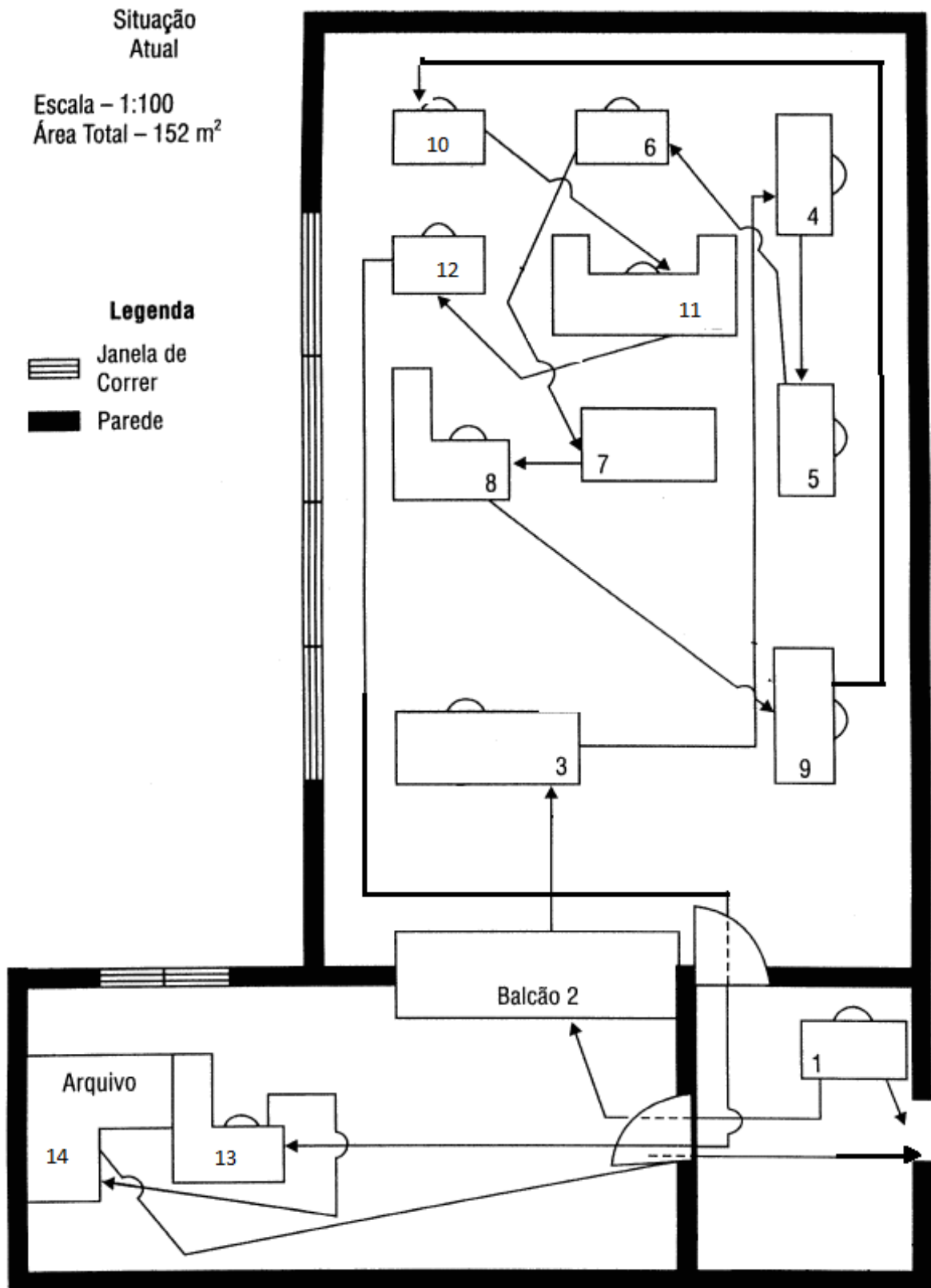
Encontrado o problema base, foram necessárias pequenas mudanças no processo original, de forma a melhorar a adaptação para o *software*. O resultado foi o processo e o mapofluxograma apresentados no Quadro 8 e Figura 5, respectivamente.

Quadro 8 – Descrição das etapas do fluxo de mercadorias

Etapas	Descrição
1.	A mercadoria dá entrada no departamento de recebimento. Carolina, recepcionista do andar, recebe a mercadoria.
2.	A recepcionista do andar leva a mercadoria até o balcão.
3.	César, balconista, recebe a mercadoria e leva-a ao conferente, digita e identifica o pedido e confere a mercadoria com o pedido.
4.	A mercadoria, juntamente com a nota fiscal, é enviada ao funcionário Luís, que confere e assina o canhoto da NF.
5.	A mercadoria e a NF são enviadas ao funcionário Paulo, que verifica a soma da NF.
6.	A mercadoria e a NF são entregues à funcionária Alice, que confere os valores da nota com o pedido, abre o arquivo correspondente e transmite os dados à unidade competente.
7.	Toda a documentação é levada ao gerente, que redige a autorização de pagamento.
8.	A autorização de pagamento é encaminhada ao funcionário que faz a correspondente digitação, imprime e passa ao assistente.
9.	O assistente lê e verifica. Quando não há erros, manda então a autorização com os dados necessários para a funcionária Amanda.
10.	A funcionária Amanda recebe, digita um formulário de autorização de pagamento e envia para a supervisora Alessandra, juntamente com a autorização assinada pelo gerente.
11.	A supervisora Alessandra recebe, confere e assina o formulário e a autorização, enviando-os para Vânia, auxiliar de escritório.
12.	Vânia recebe o formulário e a autorização, carimba as cópias e o original e leva com a mercadoria para Juarez, o arquivista.
13.	Juarez, o arquivista, recebe e separa as cópias grampeadas, depois grampeia uma cópia na mercadoria.
14.	É feito o arquivamento físico das cópias.
15.	Adriana, então, encaminha as cópias e a autorização à tesouraria e a mercadoria ao almoxarifado.

Fonte: Adaptado de Carneiro (2006).

Figura 5 – Mapofluxograma de mercadorias



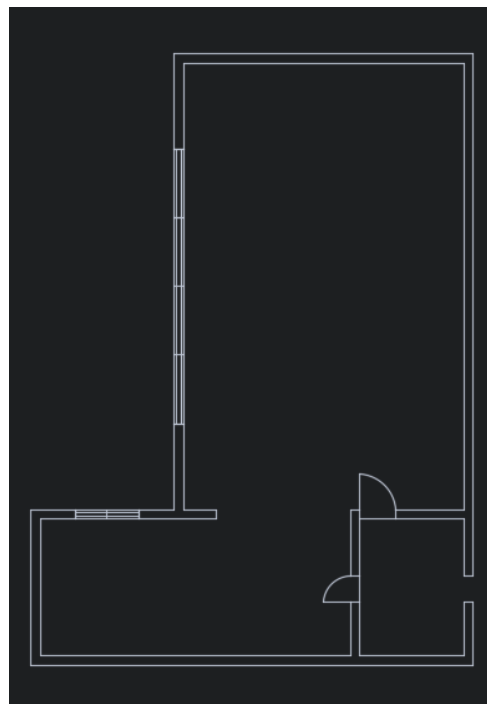
Fonte: Adaptado de Carneiro (2006).

Definido o problema ideal, iniciou-se o processo de adaptação para o *Flexsim*.

3.2.4.3 Adaptação do problema ideal ao simulador

Para a concepção do ambiente virtual no *Flexsim*, primeiro foi necessária a criação da planta baixa do ambiente (FIGURA 6) e da mobília (FIGURA 7) em 2D, no *Autocad*. Os objetos criados seguiram a escala proposta pelo autor no problema.

Figura 6 – Planta 2D no *Autocad*



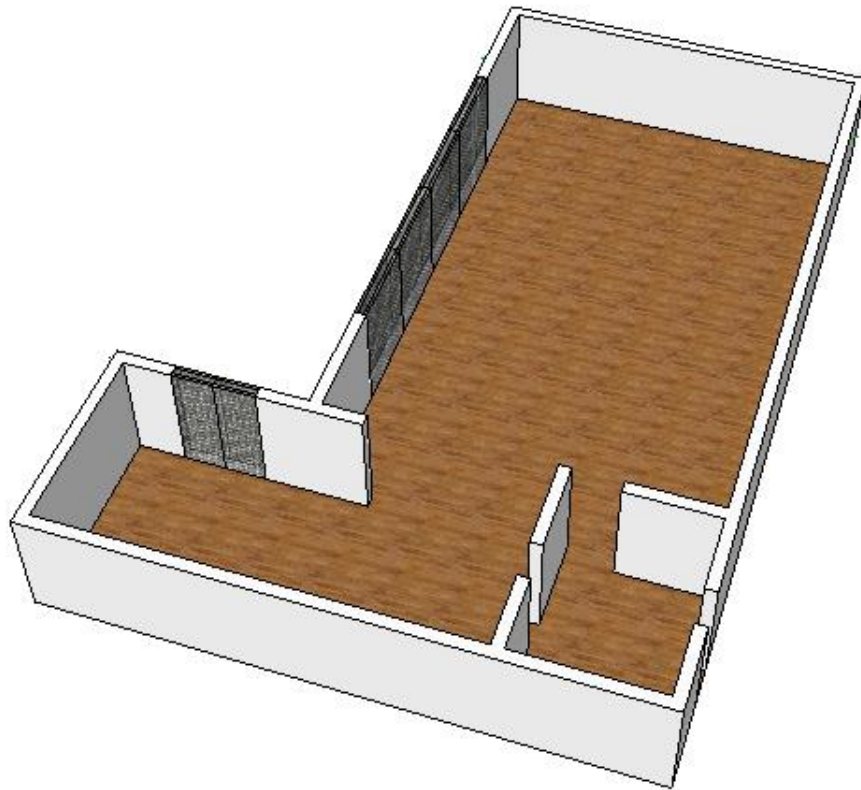
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Figura 7 – Exemplo de mobília 2D no *Autocad*

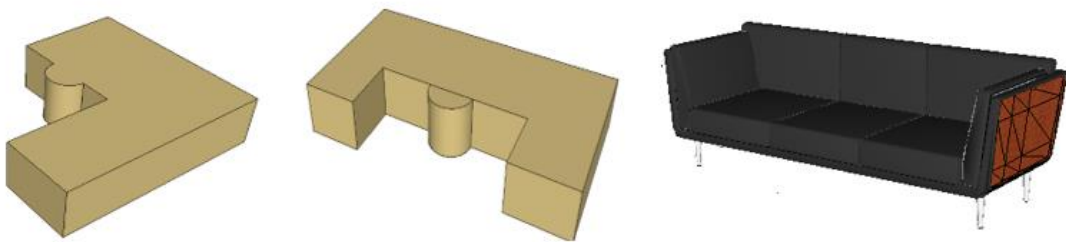


Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Após o desenho 2D, a planta e mobília foram levadas ao *Sketchup*, para a criação do 3D (FIGURAS 8 e 9).

Figura 8 – Planta 3D da empresa no *Sketchup*

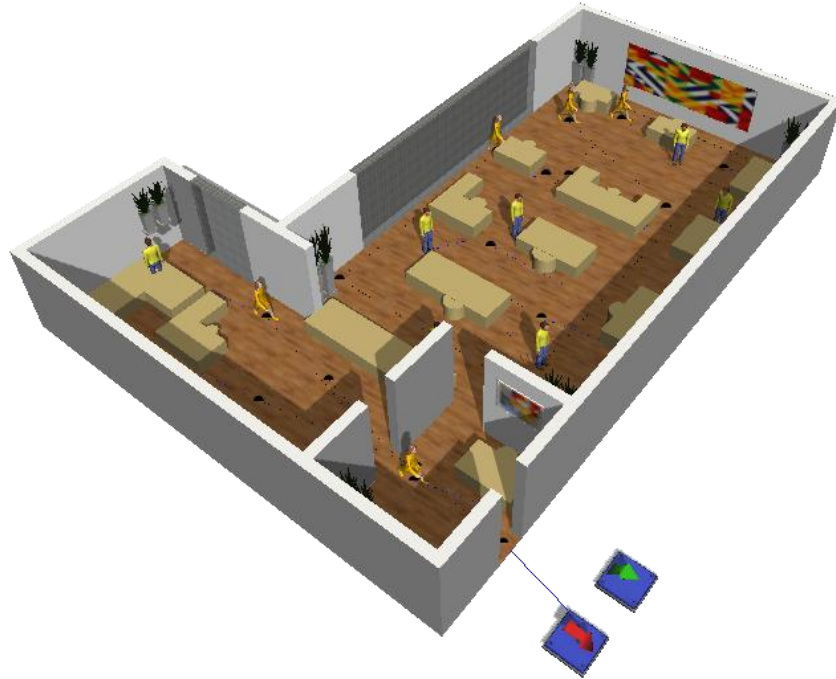
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Figura 9 – Exemplos de mobília 3D no *Sketchup*

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os blocos em 3D então foram importados para o *Flexsim* e organizados de acordo com o *layout* do problema. Foram inseridos alguns elementos figurativos como quadros e plantas, de forma a tornar o ambiente 3D mais lúdico (FIGURAS 10 e 11).

Figura 10 – *Layout* 3D da empresa no *Flexsim* (perspectiva lateral)



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Figura 11 – *Layout* 3D da empresa no *Flexsim* (vista superior)



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

3.2.4.4 Regras iniciais e simulação do problema ideal

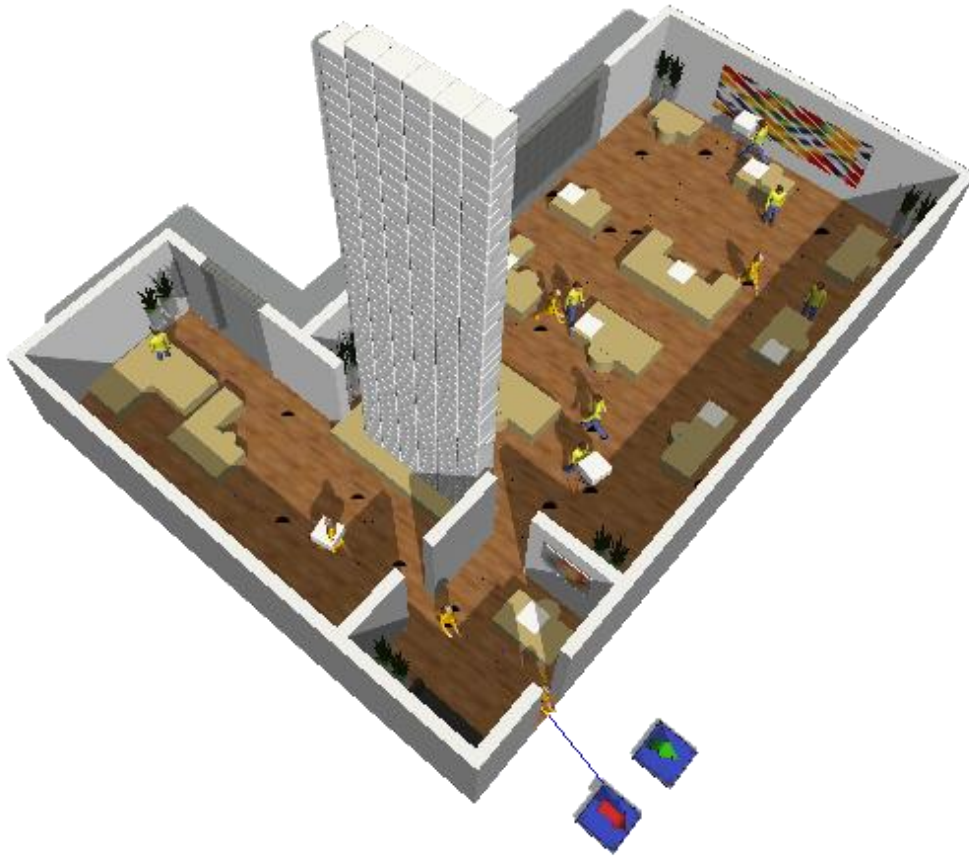
Construído o ambiente virtual, chegou-se a etapa de simulação. Neste ponto foi necessária a definição de algumas regras iniciais e parâmetros para o experimento, visto que a simulação deveria indicar um problema a ser resolvido pelos alunos. Assim, foram testados alguns parâmetros para as variáveis: distribuição de chegada das mercadorias, tempo de processamento em cada posto de trabalho e tempo de simulação. Os valores escolhidos e mais algumas condições necessárias ao bom desempenho da simulação foram enumeradas como regras (QUADRO 9), que além de direcionar os alunos, também serviram com padrão para que todas as equipes trabalhassem sob as mesmas condições.

Quadro 9 – Regras da simulação e descrições

Regra	Descrição
1.	Na simulação, todos os objetos “funcionários” devem ser nomeados e os objetos “postos de trabalho” devem ser numerados de acordo com o mapa do processo.
2.	O percurso que os funcionários irão percorrer dentro do escritório deve ser condizente com as possibilidades reais. Ex. Não é permitido criar caminhos onde os funcionários atravessem paredes ou móveis.
3.	Os objetos “balcão” e “arquivo” devem ser considerados como estoques. A escolha do tipo de recurso fixo dos outros postos de trabalho fica a cargo da equipe.
4.	O parâmetro tempo deve estar em segundos e o limite da simulação deve ser 21600 s, caracterizando 6 horas de trabalho.
5.	Os objetos decorativos – que compõe a simulação apenas para fins lúdicos – podem ser movidos de local.
6.	Os funcionários participam tanto do transporte como do processamento da mercadoria.
7.	Na simulação deverá haver uma <i>dashboard</i> com os indicadores requeridos.
8.	O tempo de chegada da mercadoria segue uma distribuição exponencial de 20 s, sem desvios.
9.	A capacidade máxima do balcão são 1000 mercadorias.
10.	O tempo de operação de cada posto de trabalho segue uma distribuição normal de 10 s, sem desvios.
11.	A mercadoria deve ser representada por uma caixa de cor branca.
12.	A mercadoria deverá ser levada de um posto de trabalho para outro por um funcionário, obrigatoriamente.
13.	Não há restrição quanto a posição dos móveis.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Definidas as regras, foi possível realizar a simulação. O resultado está apresentado na Figura 12, onde visualmente já foi possível perceber um gargalo no processo, vide a quantidade de mercadorias em estoque no balcão, validando a situação problema.

Figura 12 – Resultado da simulação no *Flexsim*

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

3.2.4.5 Variáveis e indicadores da simulação do problema ideal

Ao fim da simulação foram extraídas as variáveis e indicadores resultantes, os quais deviam ser melhorados pelos estudantes ao longo dos níveis. No Quadro 10, estão representadas as três variáveis principais e nas figuras a seguir, os indicadores de desempenho.

Quadro 10 – Resultado das variáveis após a simulação

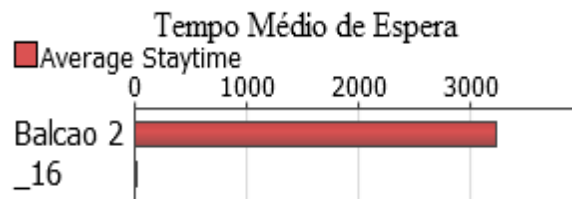
Variável	Quantidade
Número de entrada de mercadorias.	870
Número de saída de mercadorias.	599
Estoque máximo no balcão.	259

Fonte: Autor (2018).

O número de saídas foi bem inferior à quantidade de entrada (68,85% do total), resultado do acúmulo de mercadorias nos estoques, chegando à quantidade de 259 unidades, fora os itens em processo nos postos de trabalho.

Como está apresentado na Figura 13, o tempo médio de espera no balcão mostrou-se bastante alto, ultrapassando os 3000s.

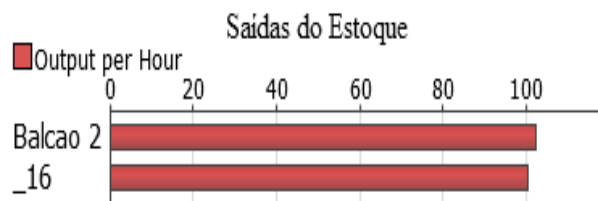
Figura 13 – Tempo médio de espera nos estoques



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

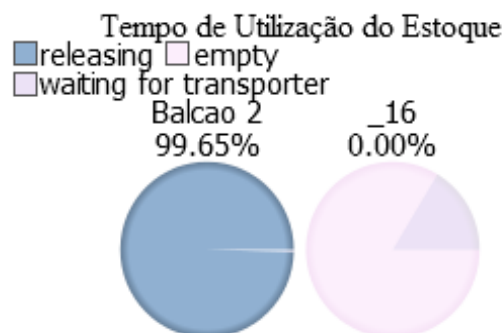
A frequência de saída por hora (FIGURA 14), em ambos estoques, foi baixa, evidenciada pelo acúmulo de mercadorias no Balcão 2, que apresentou em 99,65% do tempo de simulação, o status “releasing” (FIGURA 15), ou seja, aguardando a liberação do posto de trabalho seguinte para a continuidade do processo.

Figura 14 – Saídas do estoque por hora



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

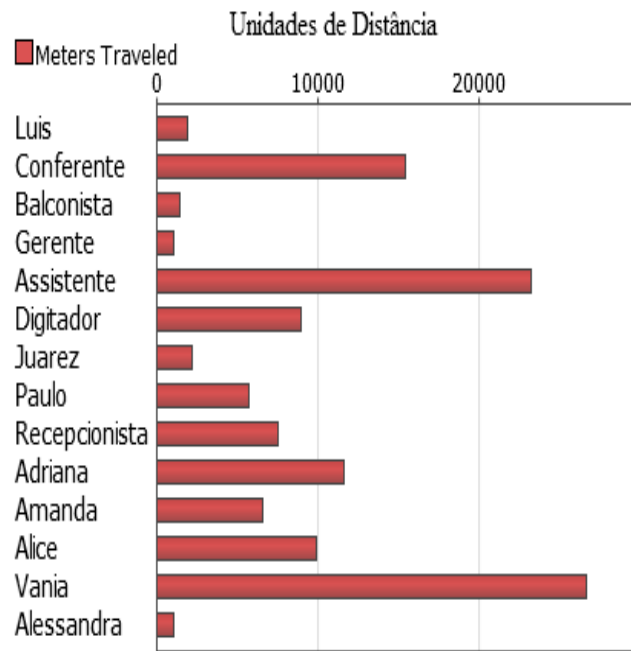
Figura 15 – Tempo de utilização do estoque



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

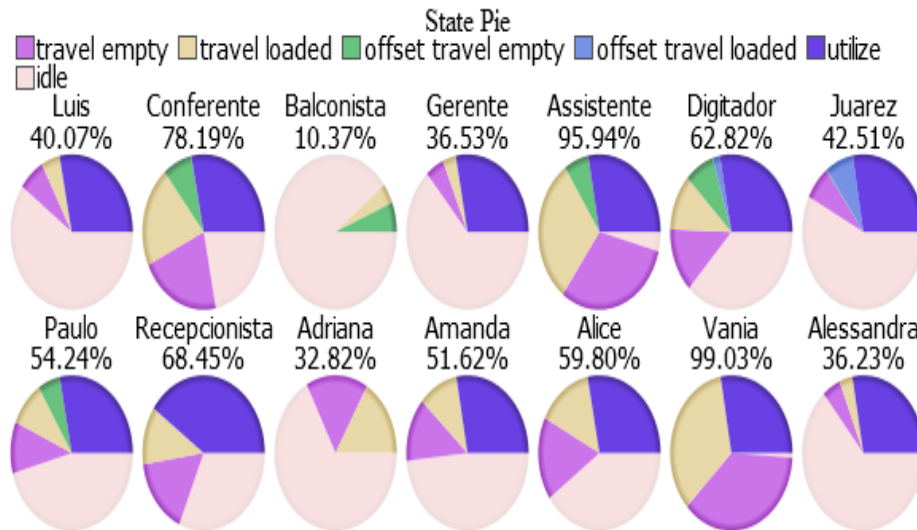
Quanto a distância percorrida pelos funcionários, o indicador (FIGURA 16) mostrou-se totalmente desproporcional entre eles, evidenciando os problemas na disposição das mesas, que obrigaram alguns funcionários a caminhar bem mais. A informação foi confirmada ao analisar o indicador de *status* de operação dos funcionários (FIGURA 17), onde muitos desprendiam bastante tempo viajando (*travel*).

Figura 16 – Metros percorridos por funcionário



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

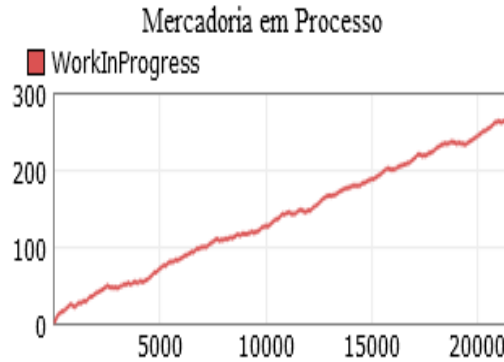
Figura 17 – Status de operação dos funcionários



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O último indicador referiu-se à quantidade de mercadorias em processo, as quais só aumentaram com o tempo, chegando a quase 300 unidades, como demonstra a Figura 18.

Figura 18 – Quantidade de mercadoria em processo



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

3.2.4.6 Apresentação do problema e da ABP aos alunos

Após construído e validado o problema, chegou-se a etapa de apresentação da situação aos alunos, assim as informações foram repassadas e o funcionamento da metodologia ABP foi explicado.

Neste ponto, também foi discutido brevemente sobre os conceitos de gestão da produção envolvidos na situação. Os alunos então foram divididos em duplas ou trios que deveriam utilizar seus conhecimentos prévios no assunto e realizar pesquisas sobre o tema, de forma a melhorar ou solucionar o problema apresentado. O problema idealizado funcionou como o nível 1 de dificuldade, sendo adaptado durante o experimento para os níveis 2 e 3. Cada nível funcionou como um ciclo de aprendizado da ABP, iniciando na identificação do cenário e finalizando na avaliação do processo de aprendizagem. Os níveis estão descritos nas próximas etapas.

3.2.5 Nível 1: *Organizando o processo*

Neste nível, os estudantes tinham como objetivo principal organizar e simular um novo *layout* para a empresa de modo que ela conseguisse atender o maior número de pedidos possível, respeitando as restrições do processo. Para isso cada equipe recebeu um arquivo com a planta 3D do escritório e dos móveis (compatível com o *Flexsim*), então foi dado início

ao ciclo de aprendizagem. Os estudantes tiveram entre 1 e 2 semanas para desenvolver as soluções e os resultados encontrados ao fim do nível foram apresentados e discutidos.

3.2.6 Nível 2: Problemas com funcionários

No Nível 2 surgiram novas restrições no problema, aumentando a complexidade da simulação e, conseqüentemente, requerendo maiores conhecimentos técnicos dos alunos. O nível teve como desafio, resolver os novos problemas de *layout* e atender aos pedidos dos funcionários, processando o maior número de mercadorias possível. Outro ponto abordado foi a decisão entre o melhor tipo de parada a ser adotado (Restrição 7), para isso os estudantes tiveram que simular o *layout* com paradas aleatórias e com paradas combinadas, apontando qual foi mais produtivo. As restrições do nível estão apresentadas no Quadro 11.

Quadro 11 – Restrições Nível 2

Restrições	Descrição
1.	Quando há muitas mercadorias, a funcionária Vânia ajuda o conferente a realizar a suas atividades. Por isso, é importante que seus postos de trabalho sejam próximos.
2.	Paulo e Alessandra são amigos de infância e acabam conversando a maior parte do tempo de trabalho, atrasando os pedidos. Quando a mesa delas é separada por outro posto de trabalho, o tempo de processamento cai pela metade.
3.	O gerente é muito ocupado, e acabado levando o dobro do tempo médio dos outros funcionários para realizar suas atividades.
4.	Após a demissão do antigo digitador, um novo funcionário foi contratado para ocupar o seu cargo. Devido à falta de experiência com o sistema, ele é 70% mais lento que o operador antigo.
5.	Devido às condições de luminosidade e umidade, o balcão não deve ficar próximo das janelas.
6.	Os funcionários reclamam bastante da falta de um local onde possam guardar seus lanches para o intervalo de trabalho. Desta forma a empresa pretende instalar um armário com frigobar para saciar as reclamações. O novo móvel terá 1,60 m x 2,5 m x 2,5m e deverá estar localizado estrategicamente. Normalmente cada funcionário gasta 10 minutos, por dia, lanchando escritório. Esse tempo é distribuído durante o dia da seguinte maneira: A primeira pausa ocorre exponencial aos 3600 s, sem desvio. O tempo entre as pausas segue uma distribuição normal de 3600 s. com 360 s de desvio. O tempo de parada é normalmente de 150 s com desvio de 10 s. Todos os funcionários param. Elabore um modelo onde todos parem ao mesmo tempo e outro onde haja uma diferença de 100 s nas paradas. Variando de 3600 s a 3100 s (os valores podem se repetir para diferentes funcionários). O desvio é de 100 s, também.
7.	Para identificar em que etapa do processo a mercadoria se encontra, em etapas específicas ela recebe etiquetas coloridas. Ao chegar ao balcão, uma etiqueta amarela, ao passar pelo gerente uma etiqueta azul e após ser supervisionada, uma etiqueta verde.
8.	Amanda esta gestante e não pode ficar andando pelo escritório. Quem está levando a mercadoria para Alessandra é o assistente, mas ela ainda processa.
9.	Devido a problemas financeiros, a funcionária Adriana foi demitida. Outro funcionário deverá desempenhar sua função.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os estudantes tiveram entre 1 e 2 semanas para desenvolver as soluções e os resultados encontrados ao fim do nível foram apresentados e discutidos.

3.2.7 Nível 3: Aumento de mix de produtos

No nível 3, além de lidar com novas restrições no problema (QUADRO 12), os alunos deviam tomar decisões estratégicas ao optar pelo funcionamento ou não, durante uma hora extra, para atender a demanda dos clientes. Eles ainda tiveram que estipular qual seria o lucro ou prejuízo decorrente da decisão. Para isso, além das restrições do nível, foram informados alguns dados de funcionamento da empresa, indicados no Quadro 13.

Quadro 12 – Restrições Nível 3

Consideração	Descrição
1.	O departamento passou a dividir as mercadorias. Agora são classificadas em: prioritárias (vermelhas) e normais (brancas).
2.	O tempo de chegada das mercadorias normais é de (0,30,0) e o das prioritárias é (0,100,0), exponencialmente.
3.	As mercadorias prioritárias não precisam passar pelo assistente, pela funcionária Amanda e pela funcionária Alessandra.
4.	O arquivo deverá ser dobrado (um arquivo para cada tipo de mercadoria).
5.	O tamanho do balcão deve ser diminuído pela metade.
6.	Deverá ser instalado no escritório um banheiro com tamanho 3,0 (X); 4,58(Y); 3,0 (Z) (medidas do <i>Flexsim</i>).
7.	Para ajudar no rastreamento das mercadorias, a empresa resolveu comprar um sistema de RFID. Para isso serão utilizadas etiquetas digitais (insumo do processo). Somente as mercadorias prioritárias recebem a etiqueta de identificação. Um novo posto de trabalho deve ser designado para a implantação dessas etiquetas, mas não será contratado nenhum novo funcionário. A etiquetagem é feita por uma máquina e a mercadoria etiquetada deverá ser representada por uma esfera rosa. O processo de etiquetagem dura 15 s.
8.	As etiquetas chegam exponencialmente em (0,10,0) e o posto de trabalho deverá ter o mesmo tamanho da mesa da funcionária Vânia. Inicialmente as etiquetas são representadas por esferas na cor <i>teal</i> .
9.	Todos os funcionários receberam treinamento e estão levando 5 s para fazer o seu processamento.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Quadro 13 – Dados Nível 3

Dado	Descrição
1.	O Valor da hora extra de cada funcionário é R\$ 60,00.
2.	Os gastos fixos com iluminação, energia e água são de, aproximadamente, R\$ 100,00 por hora.
3.	O preço de venda das mercadorias normais é de R\$ 10,00, por unidade, enquanto da prioritária é de R\$ 20,00.
4.	Todos os funcionários são necessários para o processo funcionar.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os estudantes tiveram entre 1 e 2 semanas para desenvolver as soluções e os resultados encontrados ao fim do nível foram apresentados e discutidos.

3.2.8 Avaliação geral do experimento

Finalmente, os estudantes avaliaram o experimento, métodos, *software* e o conhecimento adquirido ao longo das atividades através do formulário apresentado no Apêndice A.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo estão apresentadas as soluções encontradas pelos alunos para os problemas enunciados e as avaliações do desempenho das equipes e do experimento.

4.1 Equipes e participantes

O experimento foi realizado em três semestres letivos e contou com a participação de 20 alunos do curso de Engenharia de Produção Mecânica, divididos em 10 equipes de trabalho, como está apresentado no Quadro 14. As duplas representaram 80% da configuração de trabalho, porém houve um trio e uma equipe unitária.

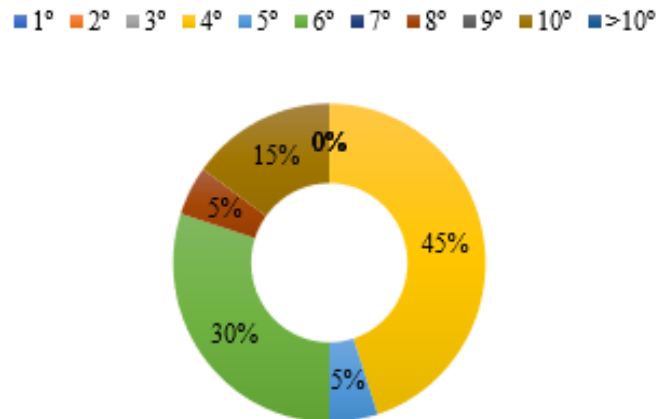
Quadro 14 – Turmas e equipes participantes

Turmas	Equipe	Quantidade de Integrantes
Turma 1 (2016.2)	1	1
	2	2
	3	2
	4	2
	5	2
Turma 2 (2017.2)	6	2
	7	2
Turma 3 (2018.2)	8	2
	9	2
	10	3
	Total	20

Fonte: Autor (2018).

Quanto ao período em que se encontravam os alunos quando participaram do experimento, a maior adesão ocorreu no quarto semestre (9 alunos), seguido dos estudantes do sexto (6 alunos) e décimo (3 alunos). Também houveram participações do quinto e oitavo semestre, 1 aluno cada. Os demais períodos não apresentaram participantes, o que já era esperado, visto que as turmas ocorreram no segundo semestre letivo e os novos estudantes do curso ingressam anualmente. A divisão percentual está apresentada na Figura 19.

Figura 19 – Divisão dos participantes por semestre



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.2 Resultados e estatísticas das simulações

4.2.1 Nível 1

Neste nível, o desafio dos participantes foi alterar a posição dos postos de trabalho do escritório de forma a melhorar a produtividade da empresa. Como os recursos utilizados (tempo, pessoas, objetos, etc.) foram os mesmos para todas as equipes, pode-se definir que a quantidade de saídas (mercadorias que concluíram todo o processo) é o indicador que melhor representa a produtividade da empresa. Assim, as equipes com melhor desempenho foram aquelas que tiveram a maior quantidade de saídas ao fim do tempo de simulação. Os resultados das variáveis dos modelos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados das variáveis para o Nível 1

Equipe	Entradas (unid.)	Saídas (unid.)	Em Processo (unid.)	Estoque máximo no balcão (unid.)	Tempo médio no balcão (s)	Tempo máximo no balcão (s)
Problema	870	599	271	259	3251,21	6592,10
1	898	646	252	242	2871,7	5845,06
2	881	878	3	2	1,42	24,19
3	910	903	7	4	6,54	53,9
4	900	892	8	2	3,95	32,12
5	897	890	7	1	0,64	0,64
6	862	855	7	5	2,68	53,81
7	811	804	7	1	0,82	0,82
8	946	938	8	4	7,71	49,64
9	895	886	9	4	13,13	68,7
10	863	856	7	1	2,22	2,87
Médias	886,3	854,8	31,5	26,6	291,1	613,2
Médias desconsiderando Equipe 1	885,0	878,0	7,0	2,7	4,3	31,9

Fonte: Autor (2018).

As entradas referem-se ao número de mercadorias que iniciaram o processo na empresa, enquanto as saídas representam aquelas que completaram todo processo. As mercadorias em processo foram aquelas que ainda estavam sendo processadas ou estocadas quando o tempo de simulação chegou ao fim. As outras três variáveis referem-se ao estoque do escritório, o balcão. O estoque máximo no balcão informa a quantidade máxima de mercadorias acumuladas neste posto de trabalho ao longo de todo o tempo de simulação. O tempo médio no balcão representa a média dos tempos de permanência das mercadorias, enquanto o tempo máximo, a maior demora no posto.

Na situação problema, grande parte das mercadorias que entraram no processo acabaram acumuladas no balcão, devido as condições já abordadas no Tópico “3.2.4.5 Variáveis e indicadores da simulação do problema ideal”.

De modo geral, todas as equipes conseguiram aumentar a produtividade do escritório, aumentando o número de saídas de mercadorias. As equipes 8, 3 e 4 apresentaram os melhores desempenhos, com 908, 903 e 892 saídas, respectivamente. O pior resultado foi apresentado pela Equipe 1, 646 unidades, que manteve um *layout* similar ao da situação problema, gerando valores bem diferentes das outras equipes. Por isso, foram apresentadas médias considerando e excluindo esta equipe.

Para efeito de comparação, foram utilizadas as médias que desconsideram a Equipe 1. Dito isto, a média de entradas foi de 885 unidades e 6 equipes ficaram acima da marca. Já para as saídas, a média foi de 878 unidades, quase 300 unidades a mais que na situação problema, e também 6 equipes ficaram acima do número. A média de mercadorias em processo foi de 7 unidades, 264 a menos que no problema.

Para as variáveis do balcão, o estoque máximo médio apresentou um indicador excelente para a maioria das equipes, sendo unitário para 3 delas, enquanto a média foi de apenas 2,7 mercadorias. O tempo médio de espera foi de 4,3 segundos, tendo como valor máximo, 13,13 segundos, e mínimo, 0,64 segundos. Já o tempo máximo de espera no balcão, teve seu menor valor com 0,64 segundos e maior, com 68,7 segundos. A média foi de 31,9 segundos. Todos os *layouts* desenvolvidos estão apresentados e comentados no Tópico 4.3 “Análise geral dos *layouts*”.

4.2.2 Nível 2

Neste nível, além de adaptar a situação a todas as restrições, os alunos tiveram que adicionar tempos de parada para todos os operadores. Dessa forma, eles tiveram que elaborar

dois modelos, um com paradas aleatórias (os operadores paravam em momentos diferentes) e um com paradas combinadas (os operadores paravam no mesmo momento). Os dois modelos deveriam ter o mesmo *layout* e o objetivo era identificar em qual tipo de parada haveria melhor produtividade. Os resultados das equipes estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados das variáveis para o Nível 2

Equipe	Melhor Desempenho	Tipo de Parada	Entradas (unid.)	Saídas (unid.)	Em Processo (unid.)	Estoque máximo no balcão (unid.)	Tempo médio no balcão (s)	Tempo máximo no balcão (s)
1		Aleatória	781	724	57	51	444,97	1456,8
	x	Combinada	779	756	23	28	173,51	745,59
2		Aleatória	667	651	16	11	38,87	293,1
	x	Combinada	669	660	9	8	25,44	258,88
3	x	Aleatória	880	859	21	21	175,48	498,93
		Combinada	869	841	28	28	113,02	666,76
4		Aleatória	656	647	9	21	80,11	767,56
	x	Combinada	653	651	2	20	84,84	632,45
5		Aleatória	680	666	14	29	194,72	765,85
	x	Combinada	682	676	6	27	183,19	742,81
6		Aleatória	790	784	6	10	19,07	207,43
	x	Combinada	843	823	20	15	77,14	377,74
7		Aleatória	840	695	145	135	1707,77	3479,95
	x	Combinada	852	695	157	149	1587,56	1707,77
8	x	Aleatória	893	782	111	106	1073,51	2618,29
		Combinada	847	704	143	138	1225,9	3761,38
9	x	Aleatória	850	633	217	209	2319,19	5225,21
		Combinada	810	575	235	227	2099,21	6111,79
10		Aleatória	843	721	122	115	1363,65	3228,97
	x	Combinada	856	729	127	118	1062,12	3299,07
Médias Aleatório			788	716,2	71,8	70,8	741,7	1854,2
Médias Combinado			786	711	75	75,8	663,2	1830,4

Fonte: Autor (2018).

Para este nível, as saídas também foram consideradas como o melhor indicador de produtividade. Dessa forma, 70% das equipes tiveram seus melhores resultados com paradas combinadas, enquanto 30% tiveram com paradas aleatórias. Contudo, o melhor desempenho do nível foi gerado por paradas aleatórias, pela Equipe 3, com 859 saídas. A equipe também teve o melhor desempenho das paradas combinadas, 841 unidades. A média de saída dos modelos com paradas aleatórias foi de 716,2 unidades, enquanto para as paradas combinadas

o valor foi de 711 unidades. Os piores desempenhos foram de 575 unidades (Equipe 9), no combinado, e de 633 unidades (Equipe 9), no aleatório.

As mercadorias em processo também tiveram seu pior resultado com a Equipe 9, chegando a 235 unidades, e seu melhor desempenho com a Equipe 4, com apenas 2 unidades ao fim da simulação. A média do indicador para as paradas aleatórias foi de 70,8 segundos, enquanto para as paradas combinadas foi de 75,8 segundos.

Os tempos médios e máximos no balcão variaram bastante de acordo com as equipes devido aos *layouts* adotados. As médias dos indicadores para as paradas aleatórias foram 741,7 segundos (tempo médio) e 1854,2 segundos (tempo máximo), enquanto para o modo combinado foi de 663,2 segundos (tempo médio) e 1830,4 segundos (tempo máximo).

É interessante ressaltar que mesmo o tipo de parada influenciando os valores para o mesmo *layout*, na média das equipes os valores ficaram bem próximos.

4.2.3 Nível 3

Para este nível, além das novas restrições, os alunos precisaram simular o *layout* proposto para 6 e 7 horas de trabalho. O objetivo foi fazê-los identificar se valeria a pena ou não, pagar pelo funcionamento de uma hora extra do escritório e estipular qual seria o lucro ou prejuízo da ação. Outro ponto chave dessa fase foi o surgimento das mercadorias prioritárias, que trouxeram algumas alterações ao processo geral. Os resultados das variáveis para o nível estão na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados das variáveis para o Nível 3

Equipe	Horas Trabalhadas (h)	Entradas Normais (unid.)	Saídas Normais (unid.)	Entradas Prioritárias (unid.)	Saídas Prioritárias (unid.)	Entrada Total (unid.)	Saída Total (unid.)	Em Processo (unid.)
1	6	546	540	168	166	714	706	8
	7	626	618	198	194	824	812	12
2	6	582	579	195	194	777	773	4
	7	674	670	227	226	901	896	5
3	6	605	599	208	207	813	806	7
	7	708	703	237	237	945	940	5
4	6	653	644	196	194	849	838	11
	7	764	760	230	229	994	989	5
5	6	599	595	175	174	774	769	5
	7	691	689	199	198	890	887	3
6	6	669	663	226	225	895	888	7
	7	795	790	246	245	1041	1035	6

7	6	506	495	126	124	632	619	13
	7	581	576	151	150	732	726	6
8	6	606	603	199	199	805	802	3
	7	709	702	226	224	935	926	9
9	6	695	637	196	196	891	833	58
	7	810	751	230	228	1040	979	61
10	6	647	642	198	194	845	836	9
	7	738	730	238	236	976	966	10
Média 6 h		610,8	599,7	188,7	187,3	799,5	787,0	12,5
Média 7 h		709,6	698,9	218,2	216,7	927,8	915,6	12,2

Fonte: Autor (2018).

As saídas totais (normais mais prioritárias) tiveram seus melhores desempenhos com a Equipe 6, 888 unidades para 6 horas e 1.035 unidades para 7 horas. A média do indicador para 6 horas foi de 787 unidades processadas, enquanto para 7 horas foi de 915,6 unidades. Analisando por tipo de mercadoria, percebe-se que a média do tipo normal aumentou aproximadamente 100 unidades em uma hora, enquanto para as prioritárias, o aumento foi de aproximadamente 30 unidades.

Contudo, neste nível a quantidade total de saídas não é o fator mais importante, mas sim, o *mix* produzido dentro da hora extra. Isso acontece, pois, cada mercadoria tem um valor de venda diferente, como apresentado no Quadro 13. Ao se processar mais mercadorias prioritárias, haverá maior receita de venda, por exemplo. Dessa forma, para avaliar o desempenho do arranjo das equipes, foi necessário fazer o cálculo do lucro ou prejuízo gerado pela hora extra. Os dados estão apresentados na Tabela 4.

Para a análise financeira, inicialmente foram calculadas as receitas geradas por 6 e 7 horas trabalhadas. O cálculo deu-se através do somatório da receita normal (saídas normais x preço de venda normal) e da receita prioritária (saídas prioritárias x preço de venda prioritário). As receitas totais então foram subtraídas, a fim de encontra-se o valor gerado pela hora extra. Encontrado esse valor, foi necessário subtrair o gasto gerado por essa hora. O gasto foi estipulado em R\$ 880,00 (R\$ 100 fixo + R\$ 780 do salário dos funcionários). O lucro da hora extra pôde ser então calculado diminuindo o gasto total da receita da hora extra.

Tabela 4 – Análise financeira da hora extra

Equipe	Horas Trabalhadas (h)	Saídas Normais (unid.)	Preço de Venda (R\$)	Saídas Prioritárias (unid.)	Preço de Venda (R\$)	Receitas (R\$)	Receita gerada pela hora extra (R\$)	Gastos da hora extra (R\$)	Lucro ou Prejuízo da hora extra (R\$)
1	6	540	R\$ 10,00	166	R\$ 20,00	R\$ 8.720,00	R\$ 1.340,00	R\$ 880,00	R\$ 460,00
	7	618	R\$ 10,00	194	R\$ 20,00	R\$ 10.060,00			
2	6	579	R\$ 10,00	194	R\$ 20,00	R\$ 9.670,00	R\$ 1.550,00	R\$ 880,00	R\$ 670,00
	7	670	R\$ 10,00	226	R\$ 20,00	R\$ 11.220,00			
3	6	599	R\$ 10,00	207	R\$ 20,00	R\$ 10.130,00	R\$ 1.640,00	R\$ 880,00	R\$ 760,00
	7	703	R\$ 10,00	237	R\$ 20,00	R\$ 11.770,00			
4	6	644	R\$ 10,00	194	R\$ 20,00	R\$ 10.320,00	R\$ 1.860,00	R\$ 880,00	R\$ 980,00
	7	760	R\$ 10,00	229	R\$ 20,00	R\$ 12.180,00			
5	6	595	R\$ 10,00	174	R\$ 20,00	R\$ 9.430,00	R\$ 1.420,00	R\$ 880,00	R\$ 540,00
	7	689	R\$ 10,00	198	R\$ 20,00	R\$ 10.850,00			
6	6	663	R\$ 10,00	225	R\$ 20,00	R\$ 11.130,00	R\$ 1.670,00	R\$ 880,00	R\$ 790,00
	7	790	R\$ 10,00	245	R\$ 20,00	R\$ 12.800,00			
7	6	495	R\$ 10,00	124	R\$ 20,00	R\$ 7.430,00	R\$ 1.330,00	R\$ 880,00	R\$ 450,00
	7	576	R\$ 10,00	150	R\$ 20,00	R\$ 8.760,00			
8	6	603	R\$ 10,00	199	R\$ 20,00	R\$ 10.010,00	R\$ 1.490,00	R\$ 880,00	R\$ 610,00
	7	702	R\$ 10,00	224	R\$ 20,00	R\$ 11.500,00			
9	6	637	R\$ 10,00	196	R\$ 20,00	R\$ 10.290,00	R\$ 1.780,00	R\$ 880,00	R\$ 900,00
	7	751	R\$ 10,00	228	R\$ 20,00	R\$ 12.070,00			
10	6	642	R\$ 10,00	194	R\$ 20,00	R\$ 10.300,00	R\$ 1.720,00	R\$ 880,00	R\$ 840,00
	7	730	R\$ 10,00	236	R\$ 20,00	R\$ 12.020,00			
Médias							R\$ 1.580,00	R\$ 880,00	R\$ 700,00

Fonte: Autor (2018).

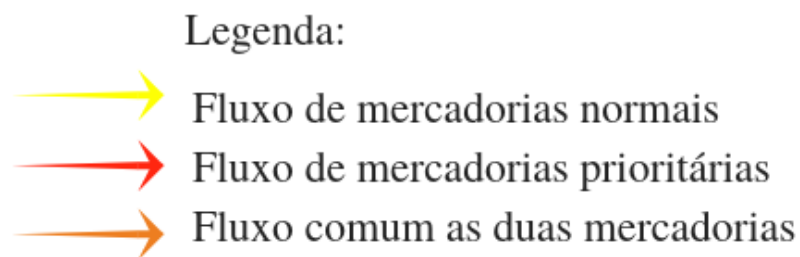
Como pode ser observado na Tabela 4, para todas as equipes a utilização da hora extra trouxe lucro para o negócio.

O melhor desempenho e lucro, foi alcançado pela Equipe 4, com R\$ 980,00. Seguida pelas equipes 9, com R\$ 900,00, e 10, com R\$ 840,00. A média de lucratividade das equipes foi de R\$ 700,00, enquanto a receita média gerada pelas horas extras foi de R\$ 1.580,00. Ainda sobre as horas extras, a maior receita foi gerada pela Equipe 4, R\$ 1.860,00, enquanto o menor valor foi apresentado pela Equipe 7, R\$ 1.330,00.

4.3 Análise geral dos layouts

Nas Figuras 21 a 30 estão apresentados os arranjos físicos elaborados pelos alunos para os três níveis do experimento. Em seguida, encontram-se os comentários sobre as estratégias utilizadas pela equipe durante o processo de criação. Os mapofluxogramas com melhor qualidade de visualização estão na sessão de Apêndices, itens B ao K. O fluxo de processamento das mercadorias encontra-se desenhado sobre o arranjo, de forma a melhorar a visualização do processo como um todo e está dividido em três categorias, como está apresentado na Figura 20.

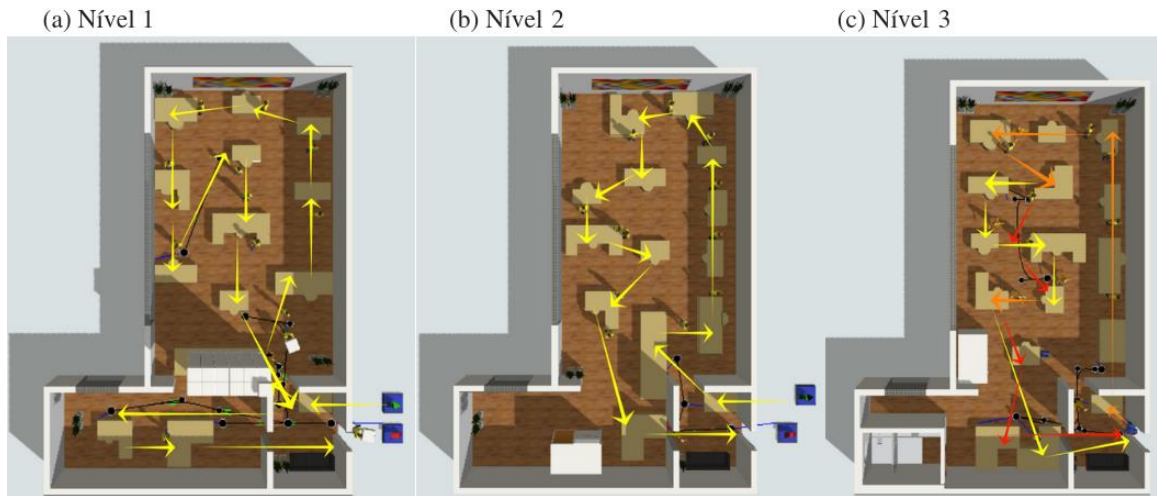
Figura 20 – Legenda dos mapofluxogramas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A seta amarela representa o fluxo de mercadorias comuns, que são as únicas processadas nos níveis 1 e 2. No Nível 3 surgiram as mercadorias prioritárias, tendo seu fluxo representado pelas setas vermelhas. As setas laranjas representam o fluxo comum aos dois tipos de mercadoria e foram utilizadas de forma a deixar os mapofluxogramas menos poluídos visualmente.

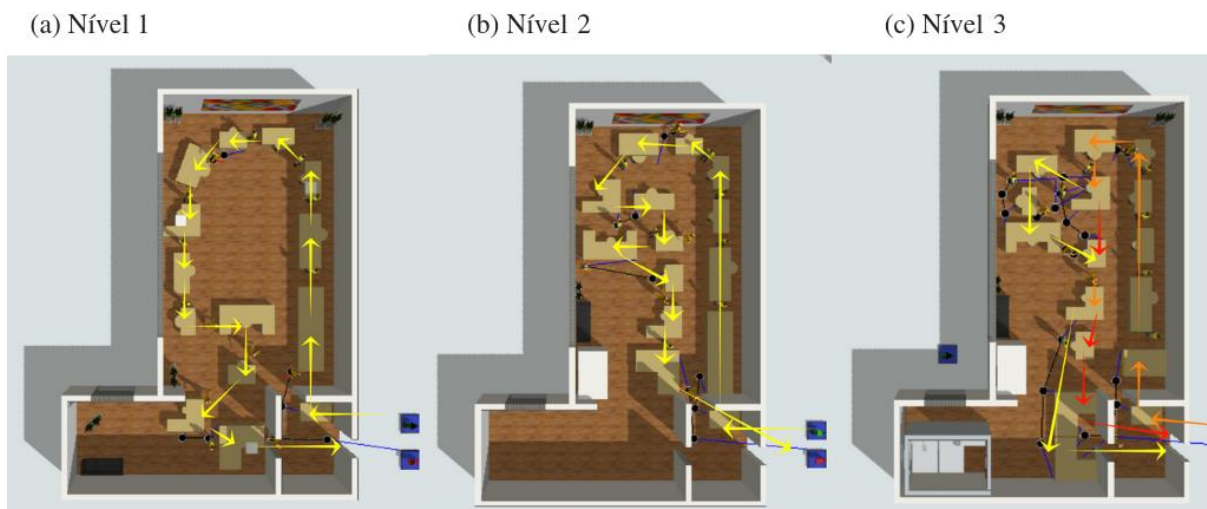
Figura 21 – Mapofluxogramas Equipe 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para o Nível 1, a Equipe 1 (FIGURA 21) optou por um arranjo parecido com o do problema enunciado, com poucas mudanças nas disposições dos postos de trabalho, resultando em pouca melhoria no fluxo de mercadorias e bastante acúmulo no balcão. O *layout* representou o pior resultado para o nível. Já para o Nível 2, a equipe buscou aproximar os postos de trabalho, evitando utilizar a parte inferior-esquerda da planta e também mitigar os fluxos contrários a direção de avanço do processo, o que gerou grande melhoria no desempenho do escritório e resultados acima da média. No Nível 3, a estratégia usada foi semelhante e com a adição de novos postos de trabalho e objetos, as distâncias foram reduzidas mais ainda, porém o lucro da hora extra ainda foi abaixo da média das equipes.

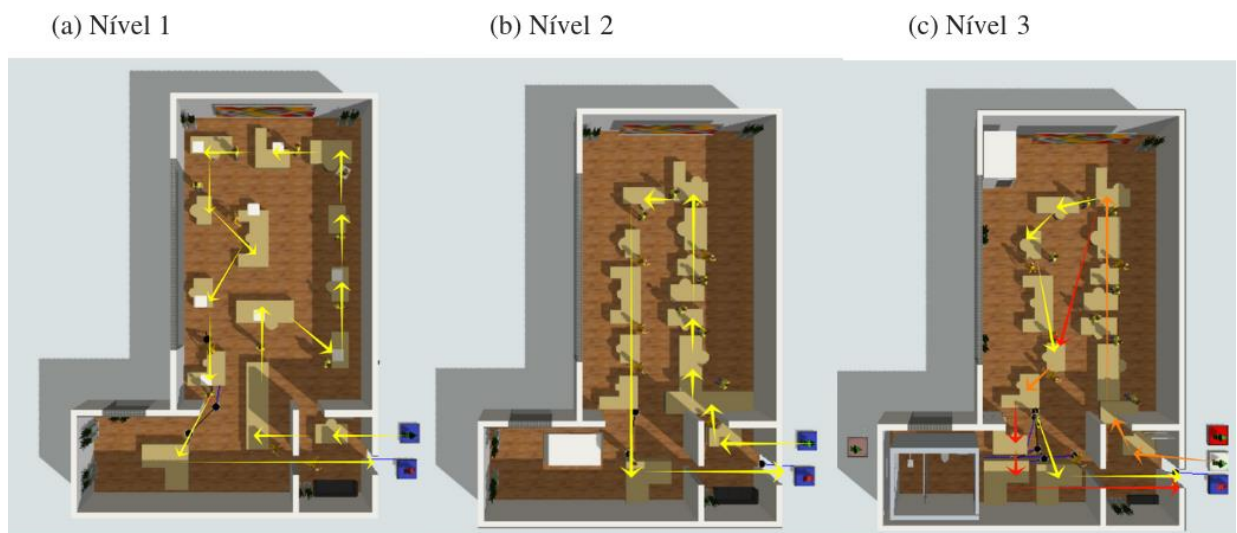
Figura 22 – Mapofluxogramas Equipe 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Desde o primeiro nível, a Equipe 2 (FIGURA 22) buscou aproximar os postos de trabalho e reduzir a utilização do espaço total da planta. Assim, optou-se por um formato de *layout* em U, a fim de reduzir o tempo que os operadores passavam transportando a mercadoria. O arranjo mostrou um desempenho acima da média para o nível. Já para o Nível 2, a equipe apostou em concentrar os postos de trabalho na parte superior da planta, compactando ainda mais os espaços. Contudo, o desempenho para o nível foi abaixo da média para os dois tipos de parada, resultado da baixa quantidade de entradas. A mesma estratégia foi utilizada para o Nível 3 e mostrou-se mediana, já que o lucro da hora extra ficou próximo a média geral.

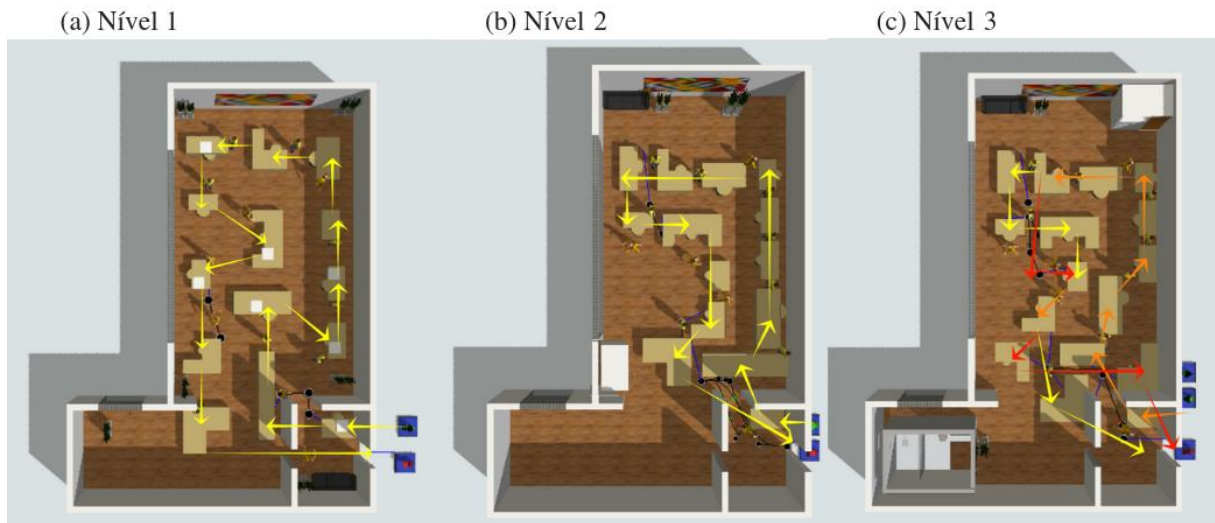
Figura 23 – Mapofluxogramas Equipe 3



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No primeiro nível, a Equipe 3 (FIGURA 23) optou por um *layout* mais concentrado na parte superior da planta, com apenas um posto na parte inferior. A estratégia utilizada foi a de não haver fluxos contrários ao avanço do processo e aproximar o balcão da recepção, gerando mais entrada de mercadorias, já que o fluxo é puxado. Assim, o arranjo teve o segundo melhor desempenho para o nível. No segundo nível, a equipe optou por uma configuração em “U” com postos de trabalho muito próximos, o que gerou o melhor desempenho do Nível 2, resultado da maior quantidade de entradas. Para o Nível 3, a estratégia foi adotada foi parecida e mostrou bons resultados, visto que o lucro da equipe ficou acima da média geral.

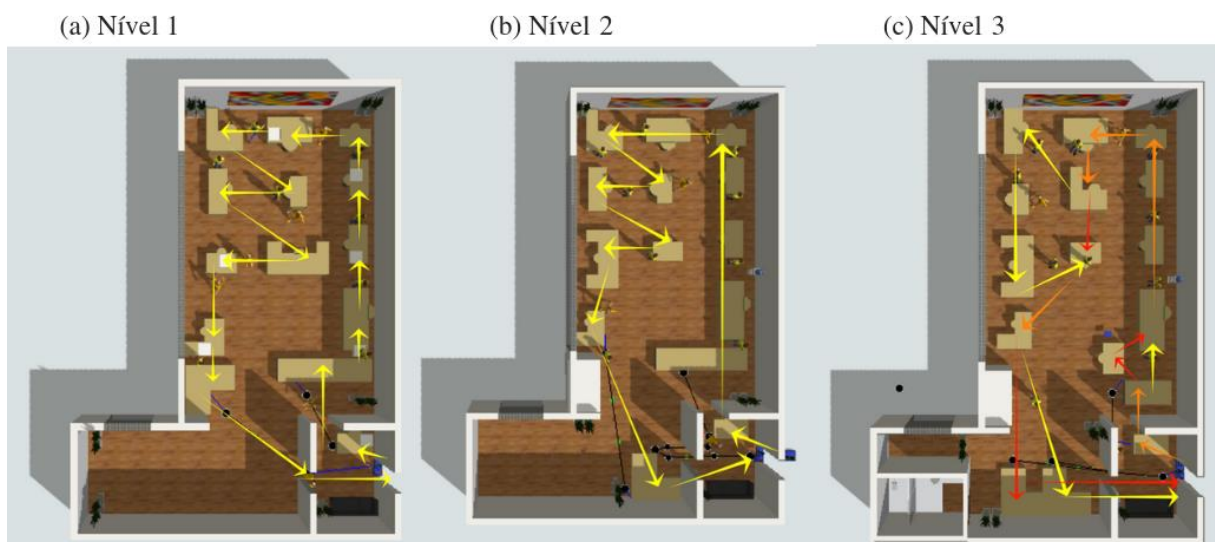
Figura 24 – Mapofluxogramas Equipe 4



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A Equipe 4 (FIGURA 24) adotou um *layout* bem parecido com o da Equipe 3, tendo resultados semelhantes e ficando com o terceiro melhor desempenho do Nível 1. Já pra o Nível 2, a equipe concentrou as operações na parte superior da planta, contudo o desempenho no nível foi abaixo da média geral, resultado da baixa quantidade de entrada de mercadorias e do distanciamento do balcão. A situação foi revertida no Nível 3, onde a equipe alcançou o melhor lucro do nível, com uma estratégia semelhante, mas reorganizando os postos de trabalho.

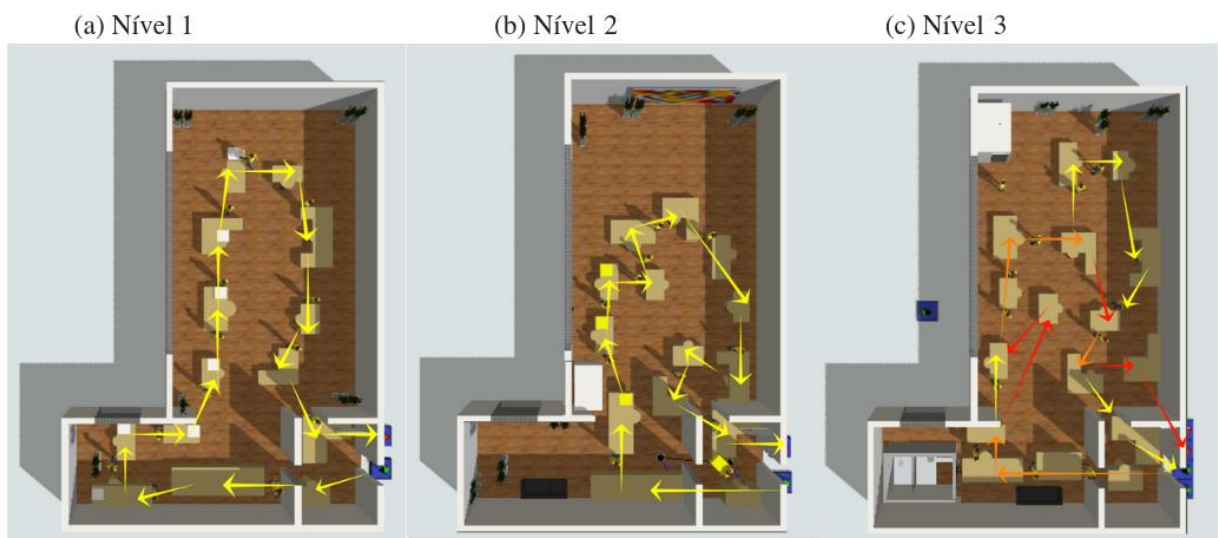
Figura 25 – Mapofluxogramas Equipe 5



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para o Nível 1, a Equipe 5 (FIGURA 25) também optou por centralizar o processo na parte superior da planta, o que gerou um distanciamento do último posto de trabalho com a saída de mercadorias. Contudo, mesmo com fluxos em ziguezague, a equipe conseguiu um desempenho acima da média. O que não ocorreu no Nível 2, onde a estratégia usada foi a mesma e o desempenho foi abaixo da média. Para o nível 3, houveram alguns fluxos contrários ao avanço do processo, mas a estratégia funcionou de forma mediana, resultando em um lucro próximo a média para a equipe.

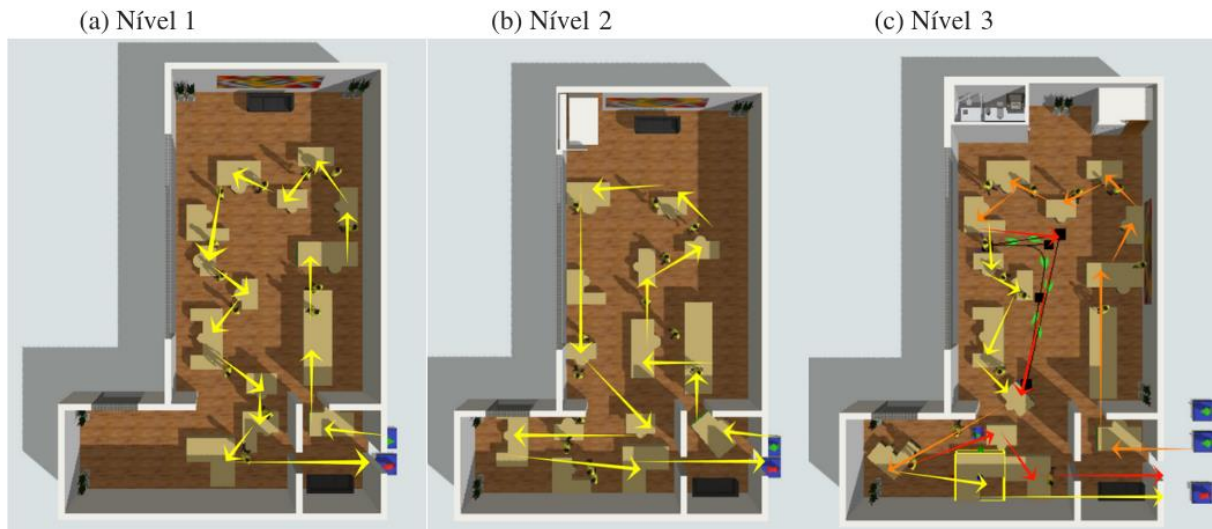
Figura 26 – Mapofluxogramas Equipe 6



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Com um fluxo no sentido horário, bem definido e postos bem espaçados no *layout*, a Equipe 6 (FIGURA 26) teve um desempenho médio para o Nível 1, resultado também da segunda menor quantidade de entradas entre as equipes. Para o Nível 2, os postos foram aproximados e o fluxo melhorado, resultando no arranjo com o segundo melhor desempenho do nível, para os dois tipos de parada. A distância percorrida pelos funcionários foi bastante reduzida com o *layout*. Adotando a mesma estratégia para o Nível 3, a equipe conseguiu a maior quantidade de mercadorias processadas (saídas) do nível e apresentou lucro da hora extra acima da média geral.

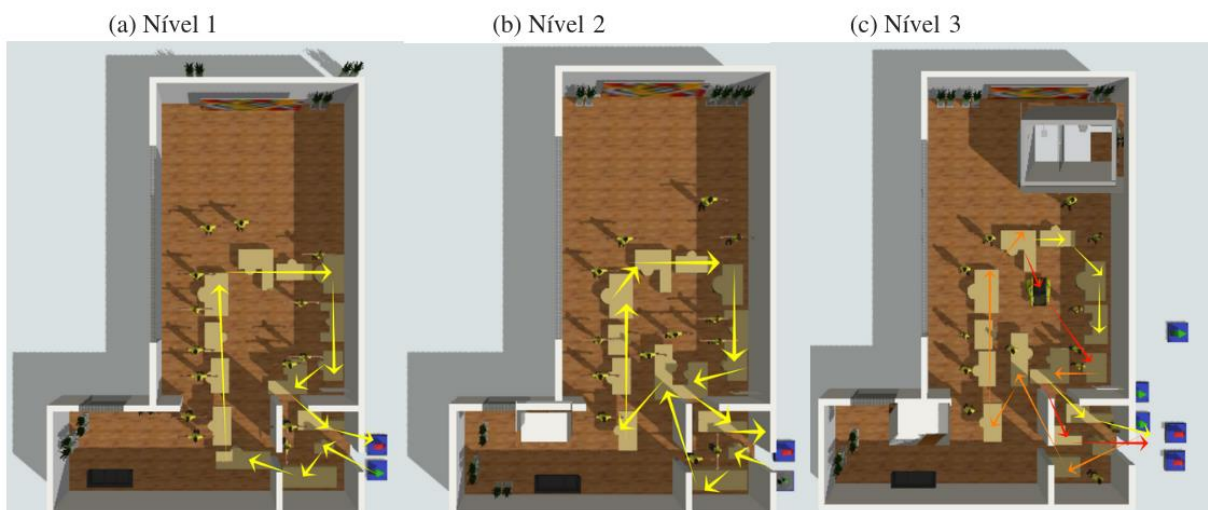
Figura 27 – Mapofluxogramas Equipe 7



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Ao adotar um arranjo meio desorganizado para o Nível 1, a Equipe 7 (FIGURA 27) acabou apresentado desempenho abaixo da média geral, resultado também da menor quantidade de entradas do nível. O resultado foi reproduzido no Nível 3, onde o *layout* utilizado foi similar e gerou o menor lucro da hora extra entre as equipes. No segundo nível, a equipe conseguiu manter-se próxima a média, devido as melhorias no fluxo de processamento, mas ainda houve problemas devido ao uso de grande parte da planta.

Figura 28 – Mapofluxogramas Equipe 8

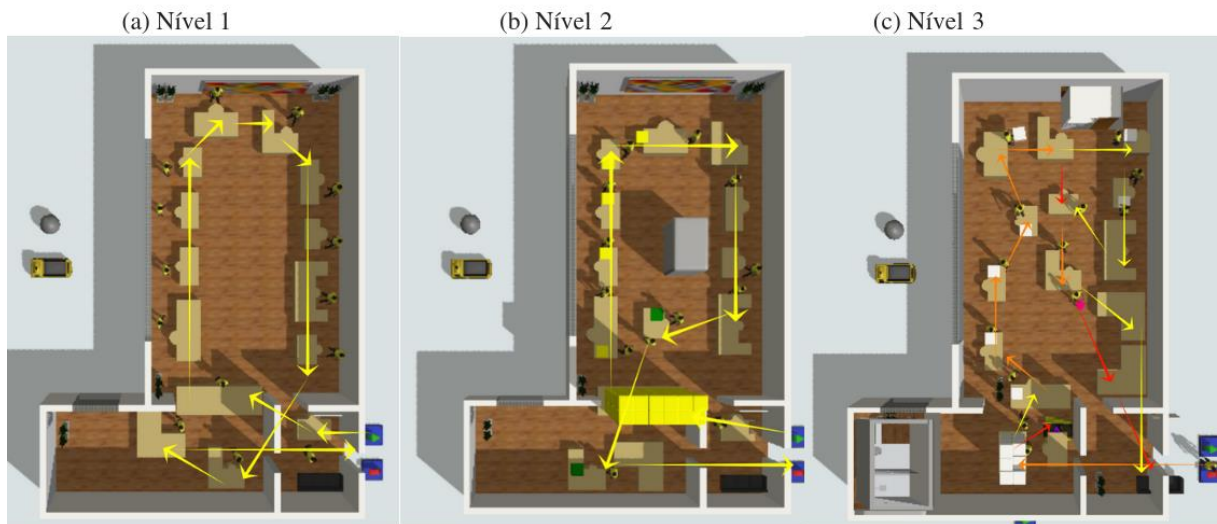


Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Com um fluxo no sentido horário e postos de trabalho extremamente próximos, a Equipe 8 (FIGURA 28) conseguiu o melhor desempenho para o Nível 1 e terceiro melhor

para o Nível 2, mesmo com quantidades consideráveis de mercadorias acumuladas no balcão. O desempenho é resultado da grande quantidade de entradas geradas pela proximidade entre os primeiros postos do processo, principalmente do balcão com a entrada. Para o Nível 3, a equipe apresentou desempenho acima da média, mas não ficou entre os três melhores resultados.

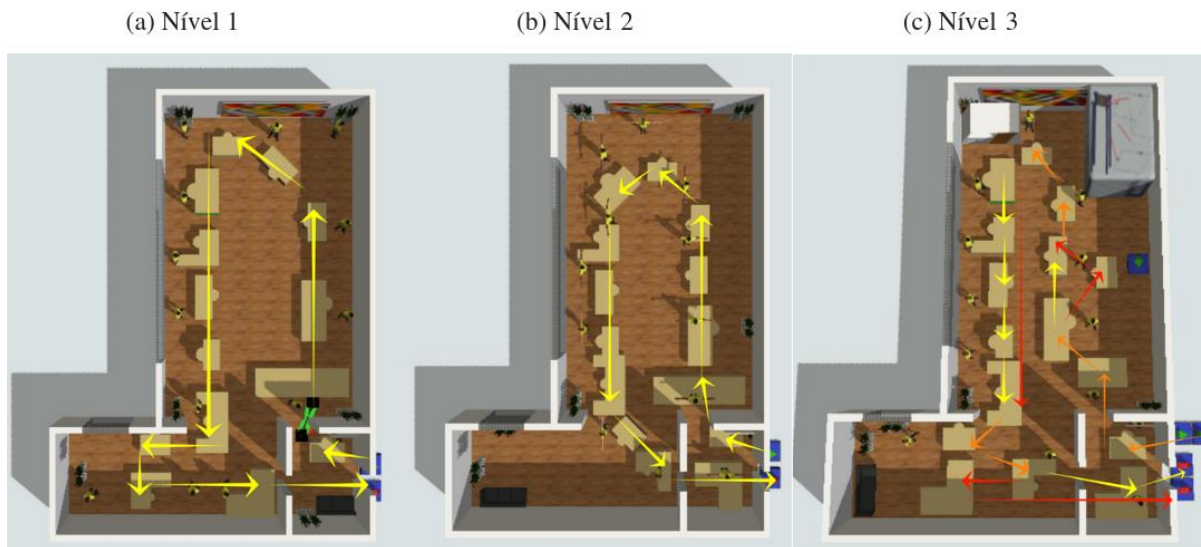
Figura 29 – Mapofluxogramas Equipe 9



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A Equipe 9 (FIGURA 29) optou por um layout em “U” para o Nível 1, porém com alguns fluxos cruzados e postos de trabalho distantes, o que acabou afetando um pouco o desempenho no nível, mesmo assim a equipe ainda conseguiu manter-se acima da média geral. Diferentemente do Nível 2, onde a equipe apresentou o pior desempenho. Resultado principalmente da distância entre os últimos postos do processo, o que levou aos funcionários passarem grande parte do tempo transportando mercadorias e não processando. A evidência foram os indicadores do balcão, os piores para o nível. Ao consertar os problemas do nível anterior e mudar bastante o *layout*, a equipe apresentou o segundo melhor desempenho no nível 3, mesmo tendo a maior quantidade de mercadorias em processo após o término do tempo de simulação.

Figura 30 – Mapofluxogramas Equipe 10



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Com um *layout* em U e os postos de trabalho bem espaçados na planta, a Equipe 10 (FUGURA 30), apresentou um resultado mediano para o Nível 1. Enquanto que para o Nível 2, a equipe optou por um arranjo similar, porém com as distâncias reduzidas entre os postos, apresentando também um desempenho médio para os dois tipos de parada. Com concentração dos postos mais na região central da planta, a equipe apresentou o terceiro melhor desempenho do Nível 3.

4.4 Avaliações pelos participantes

Finalizados os três níveis, os estudantes avaliaram, através de um questionário (APÊNDICE A) diversos pontos do experimento. Dentre os 20 participantes, 15 responderam à pesquisa, representando 75% do grupo. Os resultados estão divididos e apresentados nos tópicos a seguir. É importante salientar que para a maioria das questões, os estudantes fizeram a avaliação com valores entre 1 (discordo totalmente) e 5 (concordo totalmente), salvo algumas exceções.

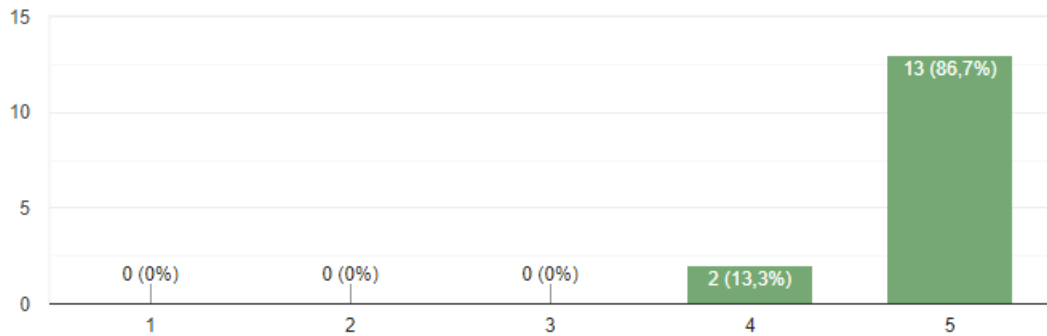
4.4.1 Avaliação da Metodologia ABP

O primeiro ponto a ser avaliado foi a utilização Metodologia ABP.

Figura 31 – Avaliação da ABP quanto ao estímulo em sala de aula

Você acredita que essa metodologia ativa de ensino estimula os alunos em sala de aula?

15 respostas



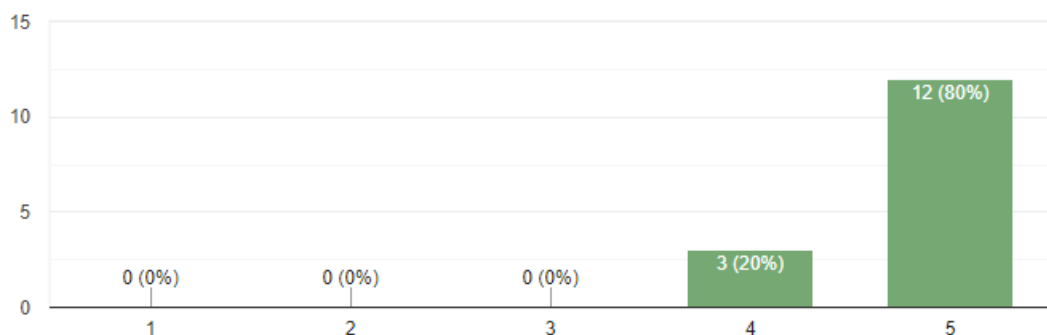
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Como está apresentado na Figura 31, 86,7% dos participantes concordaram totalmente que a ABP estimula os alunos em sala de aula, enquanto 13,3% concordaram parcialmente. Segundo os estudantes, o estímulo surge principalmente da abordagem prática do método, do sentimento de competição pelos melhores resultados e do tipo de questão apresentada (baseada em problemas que encontrarão na vida real).

Figura 32 – Avaliação da ABP na disciplina de simulação

Você acredita que a utilização dessa metodologia na disciplina de Simulação trouxe resultados positivos?

15 respostas



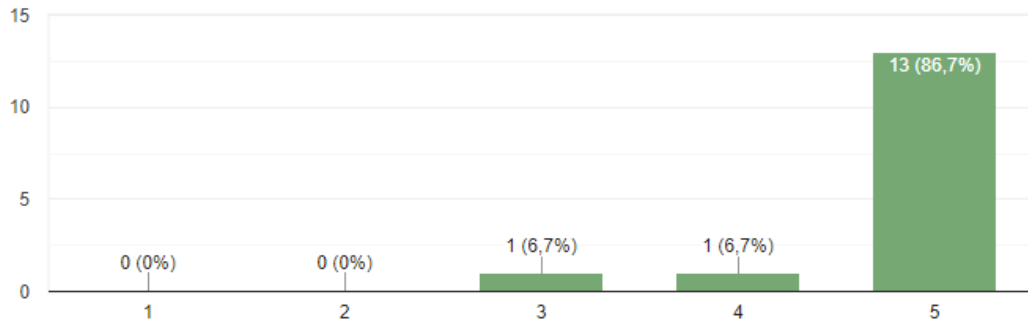
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para a utilização da ABP na disciplina de simulação, 100% dos alunos concordaram que o método trouxe resultados positivos (FIGURA 32).

Figura 33 – Avaliação da ABP no ensino de outras disciplinas

Você acredita que a utilização dessa metodologia ajudaria no ensino de outras disciplinas do curso?

15 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Quanto à possibilidade de ajuda em outras disciplinas (FIGURA 33), 93,3% dos alunos concordaram que a metodologia seria benéfica no ensino de outras matérias, enquanto um participante mostrou-se imparcial. Para eles, seria interessante a aplicação em disciplinas que demandam conhecimentos mais práticos, específicos do curso.

No geral, para os participantes, os maiores pontos positivos da utilização da metodologia foram:

- (a) o incentivo da capacidade de análise dos alunos;
- (b) o estímulo ao estudo independente e busca por soluções práticas;
- (c) o incentivo à aprendizagem colaborativa;
- (d) a aplicação prática de conceitos teóricos;
- (e) o maior dinamismo na sala de aula;
- (f) a resolução de problemas reais ou similares à realidade;
- (g) os *feedbacks* por parte do professor e monitores.

Não foram enunciados muitos pontos negativos sobre a metodologia, contudo, a dificuldade em dividir as tarefas/atividades dentro da equipe e a ausência da abordagem de alguns conceitos necessários a resolução dos problemas, foram citadas como pontos de melhoria.

4.4.2 Avaliação da Simulação

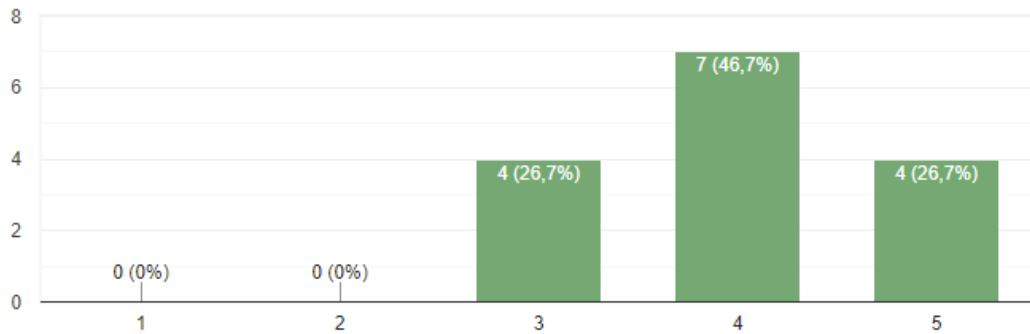
O segundo ponto a ser avaliado foi o uso da simulação.

Figura 34 – Avaliação da aplicação dos conhecimentos adquiridos na disciplina

Você acredita que está apto a aplicar os conhecimentos adquiridos na disciplina para a resolução de algum problema real (mesmo simples), em um estágio por exemplo?



15 respostas



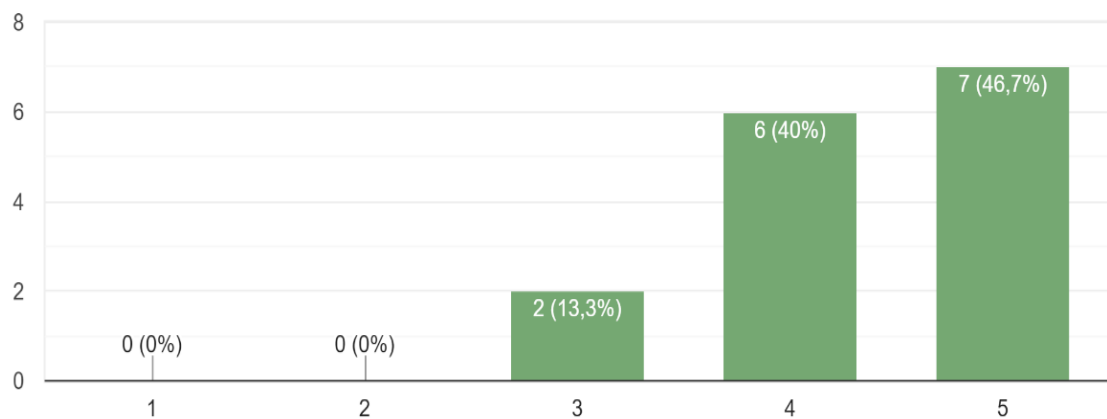
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Ao fim do experimento, 73,3% dos participantes concordaram que se sentiam aptos a utilizar a simulação para resolver algum problema, mesmo simples (FIGURA 34). Os outros 26,7% mostraram-se imparciais. Para alguns estudantes faltaram discussões em sala de alguns conceitos necessários à disciplina e à resolução dos problemas.

Figura 35 – Avaliação da simulação no ensino de outras disciplinas

Você acredita que a simulação pode auxiliar no ensino de outras disciplinas?

15 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Como mostrado na Figura 35, 86,7% dos participantes concordaram que a simulação pode auxiliar no ensino de outras disciplinas, destes, 40% concordaram parcialmente. 13,3% mostraram-se imparciais na questão.

No geral, para os participantes, os maiores pontos positivos da utilização da simulação, foram:

- (a) a possibilidade de testar diferentes hipóteses;
- (b) constatar onde estavam os gargalos do processo;
- (c) a obtenção de vários tipos de dados e estatísticas;
- (d) a possibilidade de alterações de diversões parâmetros;
- (e) aliar dados com a tomada de decisão.

Já os pontos negativos, mais citados foram:

- (a) a demora para elaboração do modelo;
- (b) a dificuldade de parametrizar objetos;
- (c) a dificuldade de interpretar os dados da simulação.

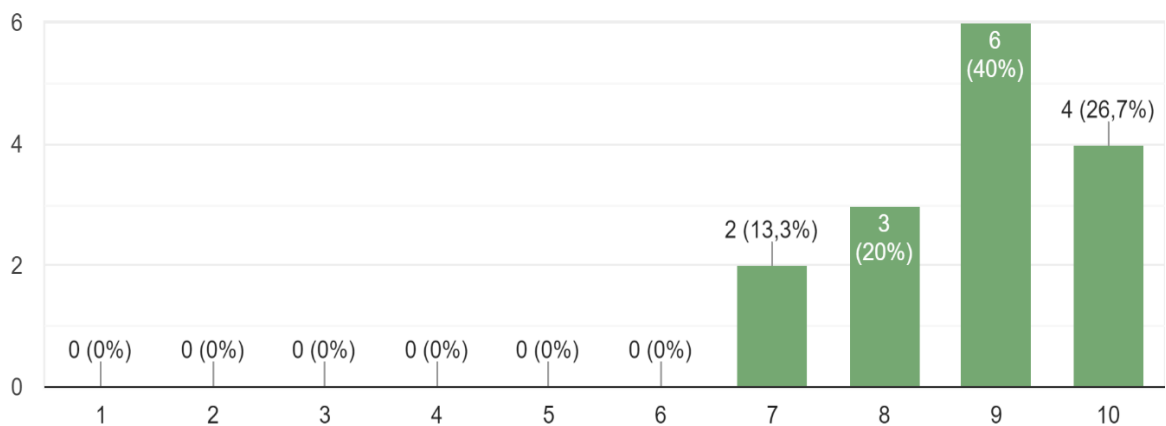
4.4.3 Avaliação do Software Flexsim

Diferentemente das outras questões, para a avaliação do *software* foram utilizadas escalas com notas de 1 (péssimo) a 10 (ótimo).

Figura 36 – Avaliação da interface do *Software*

Como você avalia a interface do software? (recursos visuais)

15 respostas



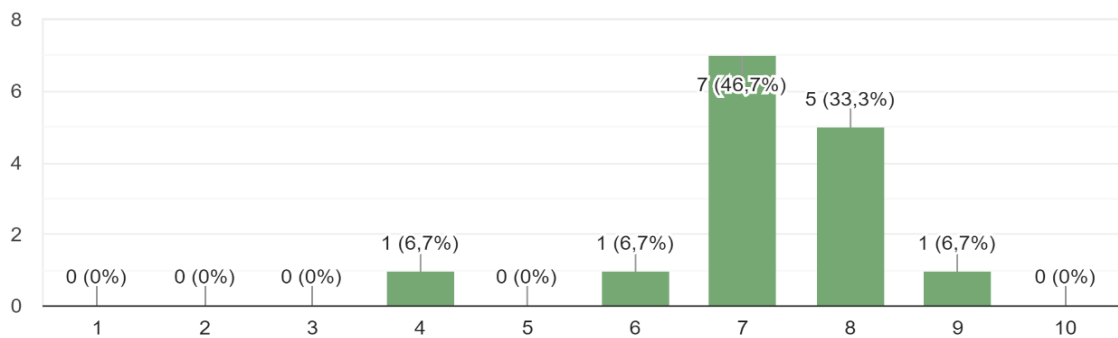
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O primeiro ponto avaliado foi a interface do *Flexsim*. Neste quesito, todos os participantes avaliaram o *software* com notas acima ou igual a 7, como apresentado na Figura 36. 40% dos votantes deram nota 9 para a interface, enquanto a média geral foi de 8,8. O visual 3D foi o principal responsável pelo bom desempenho no critério.

Figura 37 – Avaliação da usabilidade do *software*

Como você avalia a usabilidade do software? (Facilidade de utilização do software)

15 respostas



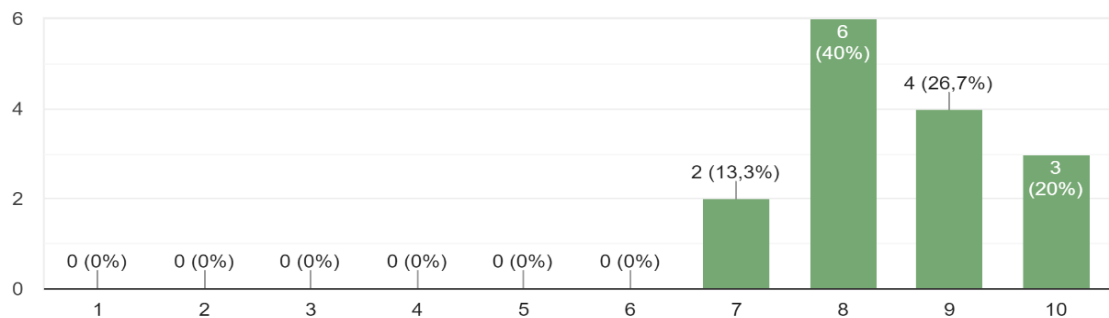
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para a usabilidade (FIGURA 37), a maioria dos alunos (46,7%) avaliaram o *Flexsim* com nota 7. O segundo maior percentual foi de notas 8 (33,3%), contudo houveram notas abaixo de 7. A média geral no quesito foi 7,2. Para os estudantes, mesmo o *software* sendo bastante intuitivo, ele requer um bom treinamento para que se possa elaborar os modelos e utilizar as ferramentas adicionais.

Figura 38 – Avaliação dos recursos do *software*

Como você avalia os recursos oferecidos pelo software? (estatísticas, gráficos, etc)

15 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os recursos tiveram, no geral, ótima avaliação, com média 8,53 e 40% dos participantes avaliando o critério com nota 8 (FIGURA 38). Os destaques foram a *dashboard* com gráficos e as possibilidades de parametrização dos objetos.

Para os participantes, os maiores pontos positivos do *software* são:

- (a) a interface gráfica;
- (b) a flexibilidade com outros softwares;
- (c) a abrangência, podendo ser utilizado para resolver desde problemas simples até questões mais complexas;
- (d) a facilidade de uso;
- (e) gráficos e estatísticas disponibilizadas ao longo da simulação através da *dashboard*;
- (f) a possibilidade de alteração visual dos objetos, possibilitando maior personalização do modelo;
- (g) a variedade de parâmetros números dos objetos que podem ser ajustados.

Por outro lado, os pontos negativos mais citados foram:

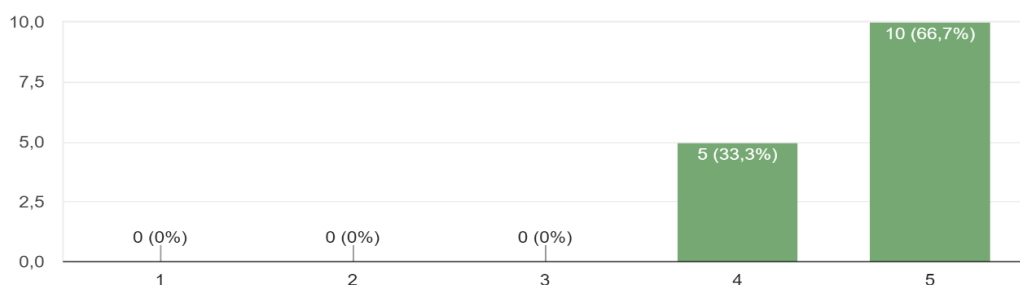
- (a) a limitação decorrente da versão estudantil, visto que o acesso à versão *full* só era possível no laboratório;
- (b) pouco material didático disponível sobre como utilizar o programa;
- (c) para simulações mais complexas, o computador que deve ser extremamente potente, senão haverão travamentos e “*bugs*”;
- (d) a falta de objetividade do *software* ao apontar erros na simulação.

4.4.4 Avaliação geral do experimento

Figura 39 – Avaliação da discussão sobre conteúdos

Você concorda que nas apresentações das simulações houve espaço para discussão sobre conteúdos relativos ao curso?

15 respostas



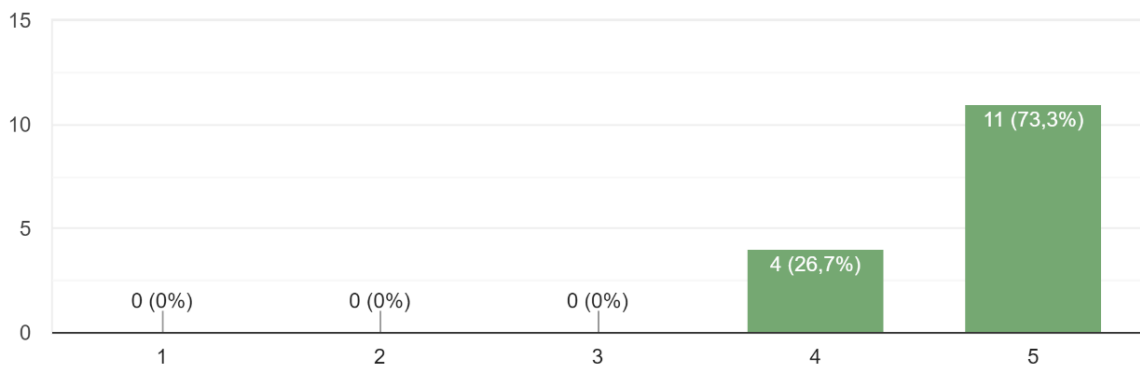
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

De maneira geral, todos os alunos concordaram que houve espaço para discussão sobre conteúdos relativos à gestão da produção ao longo do experimento (FIGURA 39). Destes, 66,7 % totalmente e 33,3% parcialmente.

Figura 40 – Avaliação das metodologias em conjunto para ensino de outras disciplinas

Você concorda que as metodologias em conjunto melhorariam o ensino de outras disciplinas do curso?

15 respostas



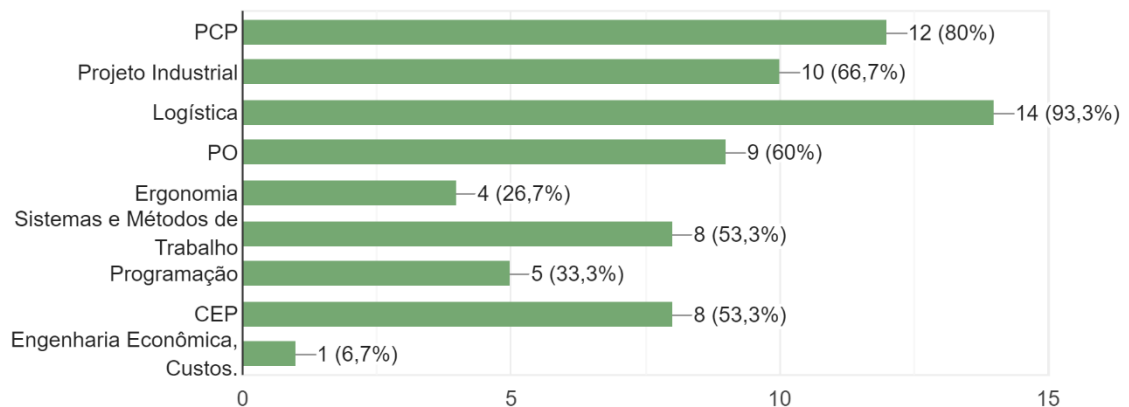
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Quanto a utilização das metodologias em conjunto para ensino de outras disciplinas, 73,3% dos participantes concordaram totalmente que seria benéfico para a didática em sala de aula, enquanto 26,7% concordaram parcialmente (FIGURA 40).

Figura 41 – Avaliação das disciplinas que poderiam ser beneficiadas

Quais disciplinas você acha que poderiam ser beneficiadas?

15 respostas



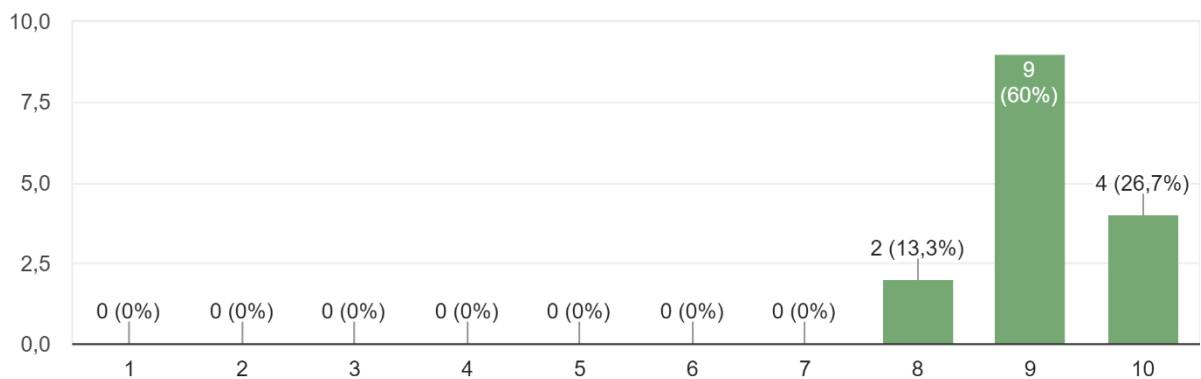
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

As disciplinas da grade curricular que poderiam ser beneficiadas também foram apontadas pelos alunos, os dados estão apresentados na Figura 41. Logística, teve o maior número de votantes, onde 93,3% dos participantes concordaram que a disciplina poderia utilizar as metodologias de forma positiva. Em seguida estão: Planejamento e Controle da Produção (80%), Projeto Industrial (66,7%) Pesquisa Operacional (60%), Sistemas e Métodos de Trabalho (53,3%), Controle Estatístico do Processo (53,3%), Programação (33,3%), Ergonomia (26,7%) e Engenharia Econômica/Custos (6,7%).

Figura 42 – Avaliação geral das metodologias em conjunto

Avaliando todo o experimento, qual nota você daria para a utilização das metodologias em conjunto para o ensino de gestão da produção?

15 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Finalmente, os alunos avaliaram com notas entre 0 e 10 (FIGURA 42), a utilização das metodologias para ensino de Gestão da Produção. 60% dos participantes avaliaram a experimento com nota 9, enquanto 26,7% deram nota máxima. A média geral foi de 9,13, um resultado excelente.

No Quadro 15 está apresentado o resumo das avaliações, bem como o desempenho percentual em relação à nota máxima. O critério com melhor avaliação foi o estímulo em sala de aula da Metodologia ABP, com 97,40% da nota máxima. O pior desempenho ocorreu em termos da usabilidade do simulador, 72% da nota máxima. Todos os outros quesitos obtiveram desempenho superior à 80% do máximo.

Quadro 15 – Resumo das avaliações

Tópico	Critério	Nota Alcançada	Nota Máxima	Desempenho
ABP	Estímulo em sala de aula.	4,87	5,0	97,40%
	Utilização na disciplina de simulação.	4,80	5,0	96,00%
	Auxílio no ensino de outras disciplinas.	4,80	5,0	96,00%
Simulação	Conhecimento adquirido.	4,00	5,0	80,00%
	Auxílio no ensino de outras disciplinas.	4,33	5,0	86,60%
Flexsim	Interface.	8,80	10,0	88,00%
	Usabilidade.	7,20	10,0	72,00%
	Recursos.	8,53	10,0	85,30%
Geral	Espaço para discussão sobre conteúdos relativos à Engenharia de Produção.	4,67	5,0	93,40%
	Utilização das metodologias em conjunto para auxílio no ensino de outras disciplinas.	4,73	5,0	94,60%
	Utilização das metodologias em conjunto para ensino de Gestão da Produção.	9,13	10,0	91,30%

Fonte: Autor (2018).

5 CONCLUSÃO

5.1 Conclusões

Diante dos novos desafios propostos pelo mercado de trabalho, relativos à necessidade da formação de profissionais com maior visão sistêmica e capacidade de resolução de problemas, este trabalho propôs o estudo e descreveu os resultados encontrados em sala de aula para a aplicação, em conjunto, de métodos de ensino considerados promissores. Dessa forma, a Simulação de Eventos Discretos (SED), através do *Software Flexsim*, e a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) foram utilizadas como instrumentos de ensino de Gestão da Produção para alunos de um curso de Engenharia de Produção, em uma IES pública.

Quanto à metodologia utilizada na pesquisa, pode-se concluir que houve um desempenho satisfatório, resultado de uma divisão de etapas bem estruturada e funcional. A quantidade de aulas expositivas, características do método tradicional de ensino, foram bastante reduzidas e utilizadas somente nas etapas 1 (Aula Introdutória) e 2 (Apresentação do *Software Flexsim*), as quais foram bem avaliadas pelos alunos.

A etapa 3, representada por um treinamento básico no *software*, possibilitou a aquisição de conhecimentos técnicos para simulações simples, já que estas seriam as utilizadas no estudo. Contudo, não abrangeu pontos necessários as simulações de maior complexidade ou recursos específicos, estes conhecimentos deveriam ser explorados independentemente pelos alunos caso sentissem necessidade. De maneira geral, o treinamento foi satisfatório para o experimento, mas em casos de problemas mais complexos, esta etapa deve ganhar mais algum tempo de duração.

Na etapa 4, onde deu-se o desenvolvimento do problema ideal a ser tratado pelos estudantes, houve a transfiguração de uma “questão típica de livro” em um problema muito mais convidativo e abrangente, onde puderam ser trabalhadas diversos outros pontos através da simulação, evidenciando como questões já existentes podem ser recicladas através da ferramenta. A transformação do problema deu-se inicialmente com a utilização de *softwares* de modelagem visando tornar o ambiente virtual mais lúdico, realista e dinâmico para os alunos, além de restringir alguns critérios de espaço enunciados no problema. Esses, mesmo requerendo habilidades adicionais dos elaboradores das questões e participantes, tornaram toda a experiência muito mais rica, além disso, após criado, o ambiente pode ser usado para trabalhar diversos aspectos com alterações mínimas, como foi realizado neste estudo. No mais,

vale ressaltar que o visual 3D é um diferencial e existem infinitas situações que podem ser trabalhadas apenas com os objetos do próprio simulador. Após a modelagem do ambiente no *software*, foram definidos as regras e os parâmetros que representassem uma situação problema, como esse viés não era abordado no problema base, coube aos elaboradores testar hipóteses e definir os dados. Neste ponto foram articuladas quais dificuldades os estudantes encontrariam na questão e, conseqüentemente, quais habilidades eles deveriam trabalhar para solucioná-la. Ou seja, toda a situação problema deveria ser montada de forma a apresentar um problema solucionável com conceitos relativos à gestão da produção. Posteriormente, ainda foram inclusas e testadas outras restrições, de forma a ramificar o problema e criar outros níveis para interação dos alunos, resultando nas situações apresentadas nas etapas 5, 6 e 7.

Cada nível funcionou como um ciclo de aprendizado da ABP, iniciando na identificação do cenário e finalizando na avaliação do processo de aprendizagem. Dessa forma, pode-se afirmar que o estudo atingiu seu primeiro objetivo específico - empregar a metodologia ABP, por meio da formulação de problemas que envolvam conceitos e ferramentas de gestão da produção – e segundo - aplicar a Simulação de Eventos Discretos, através do *Flexsim*, para a simulação de soluções para os problemas apresentados.

A etapa 5 ou Nível 1, correspondeu a situação problema inicial e nela os estudantes tinham o desafio de melhorar a produtividade da empresa apenas com mudanças no arranjo físico. Os resultados encontrados por muitas equipes foram excelentes e os arranjos e estratégias apresentadas, bem diversificados. Algumas equipes conseguiram mitigar o problema totalmente, tendo como estoque máximo no balcão apenas 1 unidade. Na média geral, desconsiderando a Equipe 1, houve um aumento de 46,57% no total de saídas em relação ao problema, enquanto a média de mercadorias em processo ao fim da simulação foi de apenas 7 unidades, 97,42% menor que o valor no cenário anterior. Para os alunos, a dificuldade no nível deu-se pela novidade do primeiro contato com o *software* para ações mais direcionadas, mas não representou um problema para eles.

No Nível 2 ou etapa 6, os estudantes tiveram que adaptar o cenário simulado a novas restrições, dentre elas, a adição de tempo de parada para os colaboradores. Dessa forma, eles deviam simular e apresentar se valeria mais a pena optar por paradas aleatórias ou combinadas. Para a maioria das equipes, 70%, as paradas combinadas se mostraram mais vantajosas, porém o melhor resultado foi encontrado com paradas aleatórias. Na média geral, os dois tipos apresentaram desempenhos similares, mas na análise por *layout*, houveram diferenças significativas entre os tipos para algumas equipes, evidenciando a influência do arranjo no desempenho do processo. A parametrização das paradas foi um dos pontos de

maior dificuldade pelos alunos. Segundo eles, o treinamento inicial abordou os parâmetros de maneira mais básica e eles necessitaram explorar o *software* para descobrir como atender a restrição.

Finalmente, na etapa 7 ou Nível 3, os participantes tiveram que estipular o lucro ou prejuízo do funcionamento de uma hora extra da empresa, além de atender a novas restrições. Como resultado, todas as equipes desenvolveram *layouts* que trouxeram lucro para a operação, apresentando como maior valor, R\$ 980, e menor valor, R\$ 450. O resultado médio foi de R\$ 700, enquanto a receita média gerada na hora extra foi de R\$ 1.580. Para os alunos, o maior desafio do nível foi implantar o fluxo de mercadorias prioritárias, visto que estas pulavam etapas do processo global.

Apresentados e discutidos os resultados e desempenho dos alunos para os três níveis, conclui-se que o estudo atingiu seu terceiro objetivo específico. Enquanto, o quarto e último objetivo foi alcançado ao se avaliar a utilização das metodologias, do *software* e o experimento de maneira geral, na etapa 8, onde 75% dos alunos participantes contribuíram com a avaliação.

Sob a ótica da Metodologia ABP, todos os avaliadores concordaram (parcialmente ou completamente) que o método estimulou os alunos em sala de aluno, trouxe resultados positivos para a disciplina de simulação e poderia ajudar no ensino de outras disciplinas. Os principais pontos positivos apontados foram o estímulo à capacidade analítica dos alunos e ao aprendizado colaborativo, enquanto a falta de abrangência de alguns assuntos foi apontada como ponto negativo.

Quanto a Simulação de Eventos Discretos (SED), 73,7% dos avaliadores concordaram que estavam aptos a aplicar o conhecimento adquirido na disciplina para a resolução de problemas, enquanto 86,7% concordaram que a SED pode ajudar no ensino de outras disciplinas. A possibilidade de testar novos cenários e aliar dados à tomada de decisão foram avaliados como pontos positivos, enquanto a demora para elaboração do modelo e dificuldade na interpretação de dados, como negativos.

Para o *Flexim*, foram avaliados três critérios: interface, usabilidade e recursos oferecidos. O simulador foi bem avaliado nos três quesitos, recebendo notas 8,8; 7,2 e 8,53; respectivamente. Para os avaliadores, o *software* apresenta vários pontos positivos como visual 3D, abrangência, flexibilidade e facilidade de uso; porém tem seus recursos limitados pela versão estudantil (gratuita).

Para o experimento em geral, os avaliadores concordaram que houve espaço para discussão sobre conteúdos relativos à gestão da produção e que as metodologias utilizadas em

conjunto poderiam beneficiar outras disciplinas, como Logística, PCP e Projeto Industrial, dentre outras. Finalmente, a nota média para a aplicação das metodologias foi de 9,13, caracterizando um excelente resultado.

Dessa forma, pode-se concluir que o objetivo geral do estudo foi atingido e que os resultados da aplicação foram bastante positivos.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Para estudos futuros, sugere-se a aplicação dos métodos nas disciplinas apontadas pelos alunos e para a solução de problemas de empresas reais.

REFERÊNCIAS

- ABEPRO. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. **Áreas e Subáreas para envios de artigo**. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/internasub.asp?ss=27&c=846>>. Acesso em: 25 ago. 2018.
- ALBERTI, R. A.; FURTADO, J. C.; KIPPER, L. M. Simulação como ferramenta no ensino de engenharia: problematização e promoção da vivência em processos produtivos. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 34, n. 1, p. 73-83, 2015.
- ALBERTIN, M. R.; PONTES, H. L. **Administração da produção e operações**. 1. ed. Fortaleza: InterSaberes, 2016.
- ANGELO, M. F.; LOULA, ANGELO C.; BERTONI, F. C.; SANTOS, J. A. M. Aplicação e avaliação do método PBL em um componente curricular integrado de programação de computadores. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 33, n. 2, p. 31-43, 2014.
- ARAÚJO, W.; LOPES, R.; FILHO, D.; BARROS, P.; OLIVEIRA, R. Aprendizagem por Problemas no Ensino de Engenharia. **Revista Docência Ensino Superior**, v. 6, n.1. p. 57-90, 2016.
- ARAVENA-REYES, J. A. A problematização como invenção: fundamentos para a educação em engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 33, n. 2, p. 65-71, 2014.
- BARIONI, L.G. **Modelagem dinâmica e otimização metaheurística para apoio à tomada de decisões na recria e engorda de bovinos de corte**. 2002. 100p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- BAKHTAZE, N. N. **Virtual analyzers: Identification approach. Automation and Remote Control**, v. 65, n. 11, p. 1691-1709, 2004.
- BISCOTTO, B. A. **Simulação de eventos discretos em uma indústria automotiva**. 2008. 59p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.
- BORGES NETO, M.; ALMEIDA, N. Perspectivas para engenharia nacional, desafios e oportunidades. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 32, n. 3, 2013.
- BRASIL. **Conselho Nacional de Educação**. Câmara de Conselho Superior. Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002, institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2018.
- CASALE, A. Mapas cognitivos na avaliação da Aprendizagem Baseada em Problemas. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 24, n. 2, p. 243-263. 2011.

CHEN, L.; HU, D.; XU, T. **Highway Freight Terminal Facilities Allocation based on Flexsim**. In: 13th COTA International Conference of Transportation Professionals. Automobile College of Chang, Shaanxi, China, Elsevier, v. 96, p. 368-381, 2013.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2012.

CUNHA, G. D. **Um panorama atual da Engenharia da Produção no Brasil**. Porto Alegre: [s.n.], 2002. Disponível em: <www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/panoramaatualep4.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2018.

DUARTE, R. N. **Simulação Computacional**: Análise de uma célula de manufatura em lotes do setor de autopeças. 2003. 168p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.

ECHAVARRIA, M. V. Problem based learning application in engineering. **Revista EIA**, n. 18, p. 85-95, 2010.

ESCRIVÃO FILHO, E.; RIBEIRO, L. R. C. Aprendendo com PBL – aprendizagem baseada em problema: relato de uma experiência em cursos de Engenharia da EESC-USP. **Revista Minerva**, v. 6, p. 23-30, 2009.

FLEXSIM. **Estudos de Caso**. Disponível em: <<https://www.flexsim.com/pt/case-studies/>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

FREITAS FILHO, P. **Introdução a modelagem e simulação de sistemas**. 2. ed. São Paulo: Visual, 2008. 372 p.

FRIGERI, J; BIANCHI, M; BACKES, R. um estudo sobre o uso das técnicas de simulação no processo de elaboração e execução dos planejamentos estratégico e operacional. **Revista ConTexto**, v. 7, n. 12, 2007.

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

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed., São Paulo: Atlas, 1999.

HARRELL, C., GHOSH, B. K., BOWDEN, R. **Simulation using promodel**, 2. ed., New York: McGraw-Hill, 2004.

HEINIG, O. L. O. M.; FRANZEN, B. A. A leitura e a escrita na engenharia: construindo intersecções entre o mundo do trabalho e a academia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 32, n. 2, p. 9-18, 2013.

HMELO-SILVER, C. E. Problem-based learning: what and how do students learn? **Educational Psychology Review**, v. 16, n.3, p. 235-266, 2004.

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.L. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8. ed., São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Sinopse Estatística da Educação Superior 2016**. Brasília, Inep, 2017.

Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-censo-escolar-sinopse-sinopse>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

KELTON, D.; SADOWSKI, D. A.; SADOWSKI, R. P. **Simulation with ARENA**. New York: McGraw-Hill, 2010.

KHALIL, R.F. **O uso da tecnologia de simulação na prática docente do ensino superior**. In: XVI ENDIPE – Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino. Anais. Campinas, UNICAMP, 2012.

LAW, A.M.; KELTON, W.D. **Simulation Modeling and Analysis**. Boston: McGraw-Hill, Science/Engineering/Math, 4. ed., 800 p., 1999.

LIMA, G. Z., LINHARES, R. E. C. Escrever Bons Problemas. **Revista Brasileira de Educação Médica**, p. 197-201, 2008.

LOBÃO, E. C. **Discussão, sistematização e modelamento do processo de realização de estudos de simulação**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

LOPES, G. N. Aprendizagem baseada em problema com aplicações em Ciências Agrárias – Uma proposta para o CCA/UFRR. **Revista Agro@ambiente**, v. 1, p. 43-49, 2007.

LOPES, R. M.; SILVA-FILHO, M. V.; MARSDEN, M.; ALVES, N. G. Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de química. **Revista Química Nova**, n. 34, p. 1275-1280, 2011.

LU, M.; WONG, L.C. **Comparison of two simulation methodologies in modeling construction systems: Manufacturing-oriented PROMODEL vs construction-oriented SDESA**. In: Automation in Construction. Elsevier, p. 86-95, 2007.

MADRUGA, J. A. **Aprendizagem pela Descoberta Frente à Aprendizagem pela Recepção: A Teoria da Aprendizagem Significativa**. In: COLL, C.; Palácios, J.; MARCHESI, A. Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação. v. 2. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

MASSON, T. J. **Metodologia de ensino: aprendizagem Baseada em Projetos (PBL)**. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. Anais. Belém, ABENGE, 2013.

MORAN, J. M. **Mudando a educação com metodologias ativas**. In: SOUZA, C. A.; MORALES, O. E. T. (Org.). Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens, v. 2. Ponta Grossa: Foca Foto-PROEX/UEPG, 2015. (Coleção Mídias Contemporâneas). Disponível em: <www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2018.

MONTEIRO, S. B. **Uma Nova Abordagem de Ensino de Engenharia: Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL) na Disciplina PSP1 da Curso de Engenharia de Produção da UnB.** In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. Anais. Blumenau, ABENGE, 2011.

PRADO, D. S. **Usando o Arena em simulação.** 4. ed. Belo Horizonte: INDG-Tecnologia e serviços, 2010.

PRINCE, M. J., FELDER, R. M. Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons and Research Bases. **Journal of Engineering Education**, v. 95, n. 2, p. 123-138, 2006.

RANGEL, J.J.; SOUZA, A.; BASTOS, P.J.T.; BAPTISTA, R.C.T. Simulação a Eventos Discretos para Treinamento em Sistemas de Controle. **Revista Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v.4, n.1, p. 97-111, 2012.

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

RIBEIRO, L. R.; MIZUKAMI, M. G. Uma implementação da aprendizagem baseada em problemas (PBL) na pós-graduação em engenharia sob a ótica dos alunos. **Seminário: Ciências Sociais e Humanas**, v. 25, p. 89-102, 2004.

RITZMAN, L. P; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da produção e operações.** 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2004.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Revista Gestão & Produção**, v. 16, n. 1, 2009.

SANTANA, F. S. A função social das instituições particulares de ensino no cenário educacional brasileiro. **Colloquium Humanarum**, v. 8, n. 2, p. 09-21, 2011.

SANTOS, S. L. **Uma aplicação de modelos de simulação em sistemas de apoio à decisão.** 192. 192 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

SAVERY, J. R. Overview of problem-based learning. **The Interdisciplinary Journal of Problembased Learning**, v. 1, n. 1, p. 9-20, 2006.

SAVIN-BADEN, M. **Problem-Based Learning in higher education: untold stories.** Buckingham: Open University Press, 2000.

SILVA, J. E. A. R.; ALVES, M. R. P. A.; COSTA, M. A. B. Planejamento de turnos de trabalho: Uma abordagem no setor sucroalcooleiro com uso de simulação discreta. **Revista Gestão & Produção**, v.18, n.1, p. 79-90, 2011.

SILVA, K. L.; SENA, R. R. Nursing education: seeking critical-reflexive Education and professional competencies. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 14, n. 5, p. 755-761, 2006.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas SA, 2002.

STIVARI, T; GAMEIRO, A. **A simulação de eventos discretos como ferramenta de avaliação e planejamento da produção animal**. Tese (Pós-graduação em Nutrição e Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

THEISEN, J. M. Investigação sobre a prática do gênero acadêmico: relatório de projeto em um curso de engenharia em Portugal. In: FISCHER, A.; HEINIG, O. **Linguagens em uso nas Engenharias**. Blumenau: Edifurb, 2015.

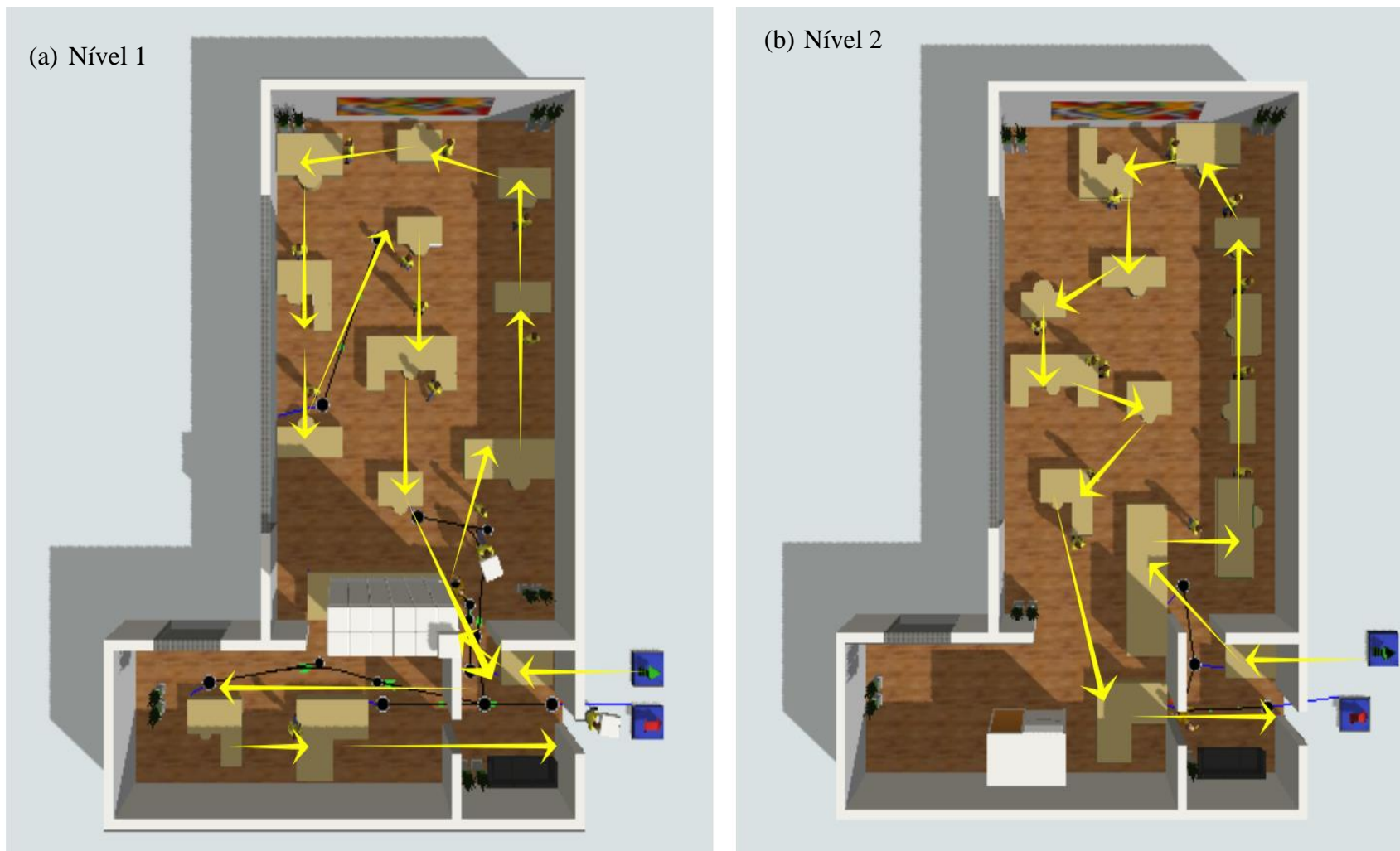
VIEIRA, K. **A utilização do PBL nos cursos de Engenharia do Brasil**: uma análise bibliométrica. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Ciências e Tecnologia) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Joinville, 2015.

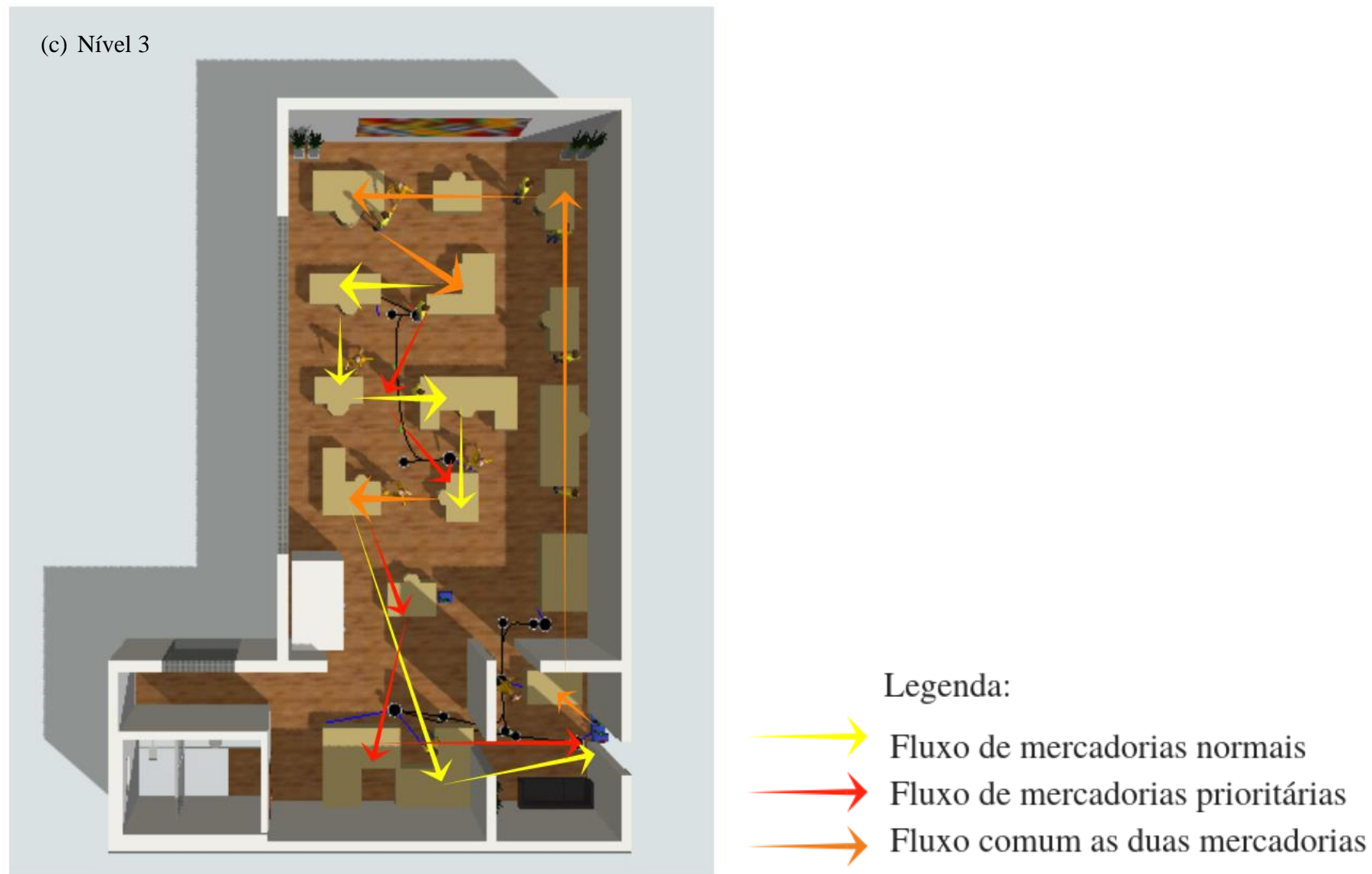
WILIAMS, P. J.; IGLESIAS, J.; BARAK, M. Problem based learning: application to technology education three countries. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 18, p. 319-335, 2008.

WOODS, D. **Problem Based Learning (PBL)**. Disponível em: <<http://chemeng.mcmaster.ca/problem-based-learning>>. Acesso em 16 set. 2018.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO EXPERIMENTO

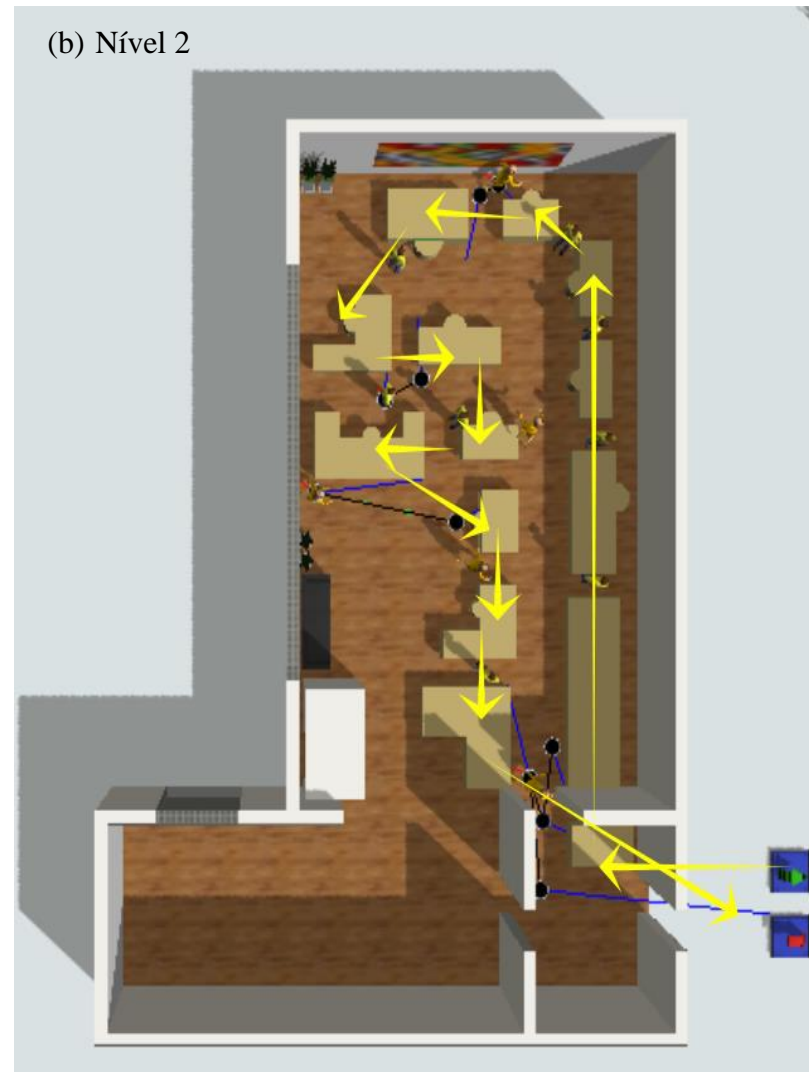
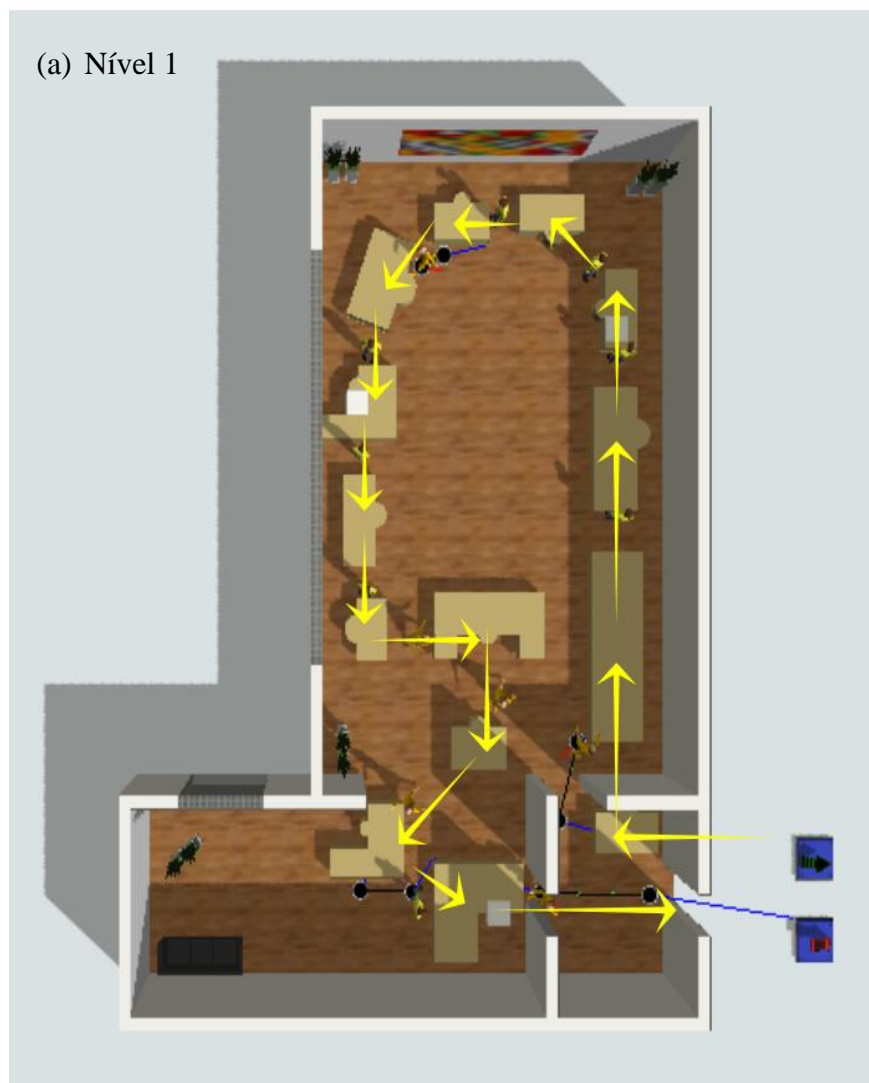
1. Você acredita que a Metodologia ABP estimula os alunos em sala de aula? Avalie entre 1 (discordo totalmente) e 5 (concordo totalmente).
2. Você acredita que a utilização dessa metodologia na disciplina de Simulação trouxe resultados positivos? Avalie entre 1 (discordo totalmente) e 5 (concordo totalmente).
3. Você acredita que a utilização dessa metodologia ajudaria no ensino de outras disciplinas do curso? Avalie entre 1 (discordo totalmente) e 5 (concordo totalmente).
4. Quais características POSITIVAS da ABP você observou durante o experimento?
5. Quais características NEGATIVAS da ABP você observou durante o experimento?
6. Você acredita que está apto a aplicar os conhecimentos adquiridos na disciplina para a resolução de algum problema real (mesmo simples), em um estágio por exemplo? Avalie entre 1 (discordo totalmente) e 5 (concordo totalmente).
7. Você acredita que a simulação pode auxiliar no ensino de outras disciplinas? Avalie entre 1 (discordo totalmente) e 5 (concordo totalmente).
8. Quais características POSITIVAS da simulação você observou durante o experimento?
9. Quais características NEGATIVAS da simulação você observou durante o experimento?
10. Como você avalia a interface do *software*? (recursos visuais). Avalie entre 1 (péssima) e 10 (ótima).
11. Como você avalia a usabilidade do *software*? (Facilidade de utilização do *software*). Avalie entre 1 (péssima) e 10 (ótima).
12. Como você avalia os recursos oferecidos pelo *software*? (estatísticas, gráficos, etc). Avalie entre 1 (péssimos) e 10 (ótimos).
13. Qual(is) maior(es) ponto(s) positivo(s) do *software* para você?
14. Você identificou algum ponto negativo no *software*? Qual?
15. Você concorda que nas apresentações das simulações houve espaço para discussão sobre conteúdos relativos ao curso? Avalie entre 1 e 5;
16. Você concorda que as metodologias em conjunto melhorariam o ensino de outras disciplinas do curso? Avalie entre 1 (discordo totalmente) e 5 (concordo totalmente);
17. Quais disciplinas você acha que poderiam ser beneficiadas?
18. Avaliando todo o experimento, qual nota você daria para a utilização das metodologias em conjunto para o ensino de gestão da produção? Avalie entre 1 (péssima) e 10 (ótima).

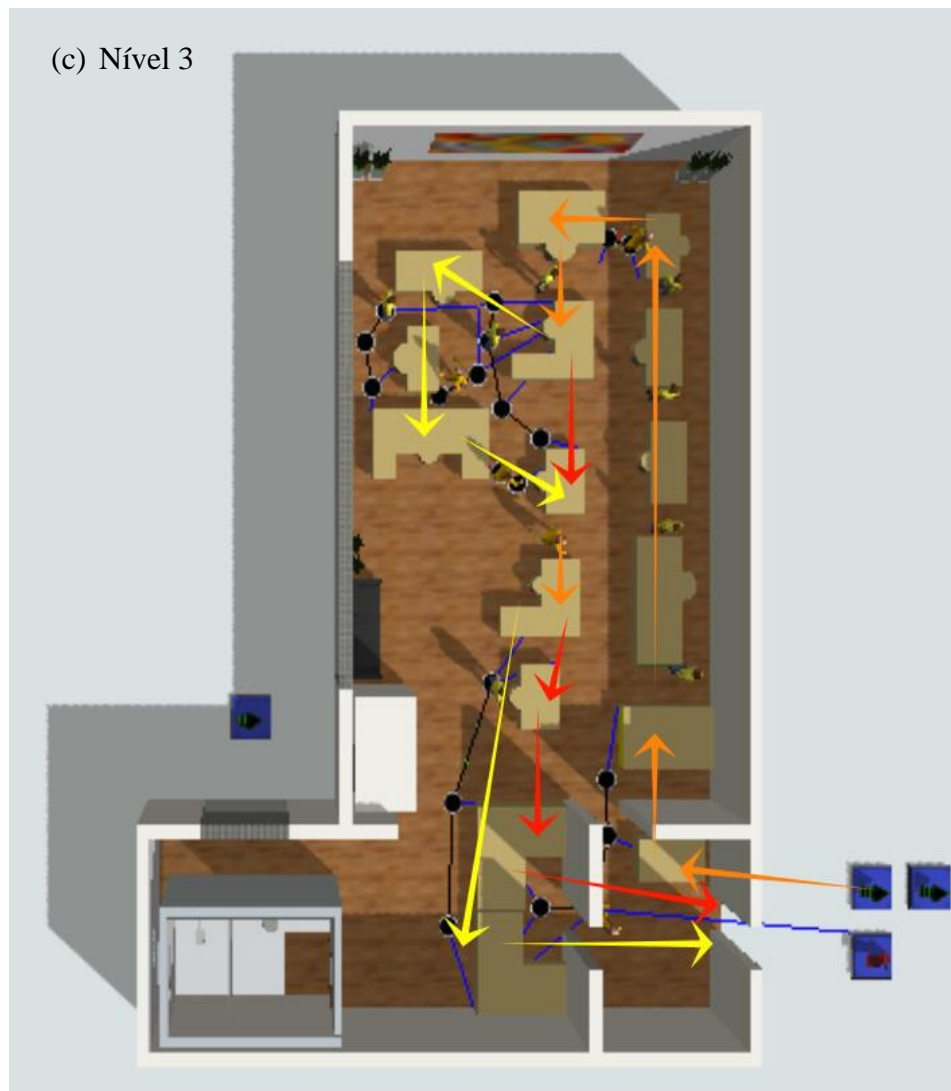
APÊNDICE B – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 1






Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

APÊNDICE C – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 2



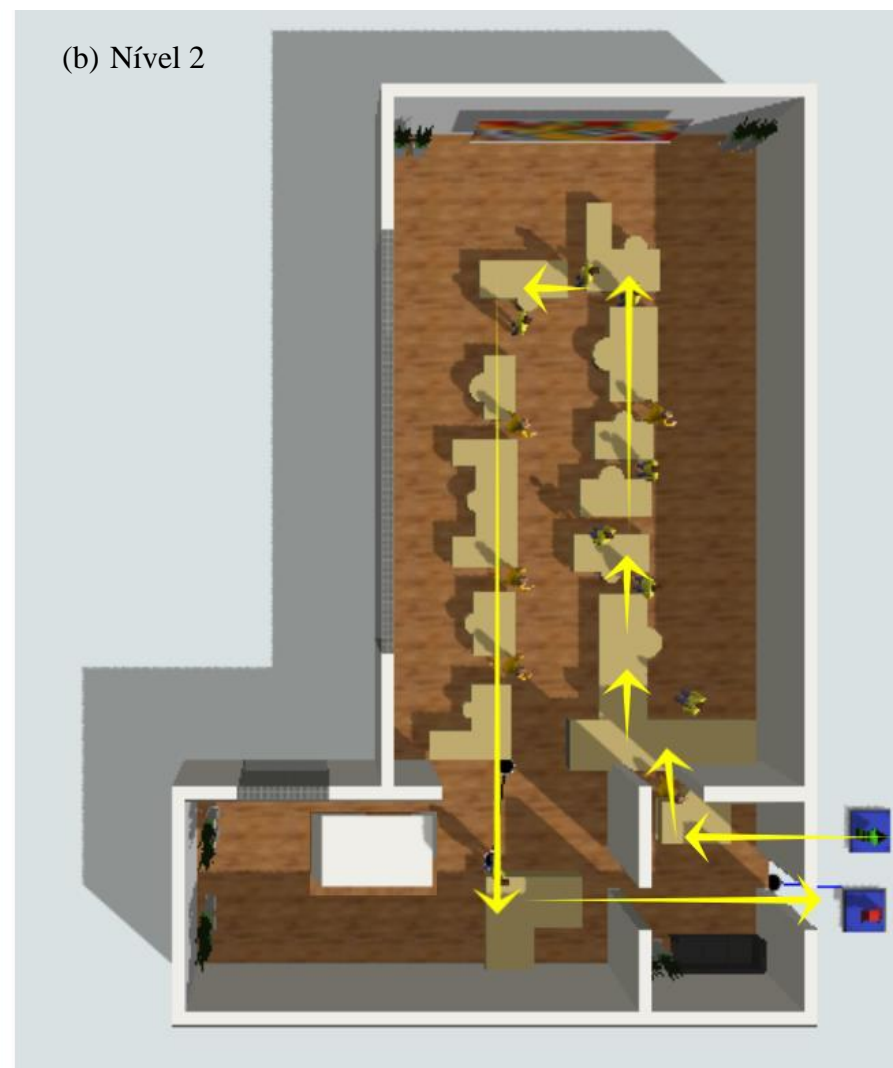
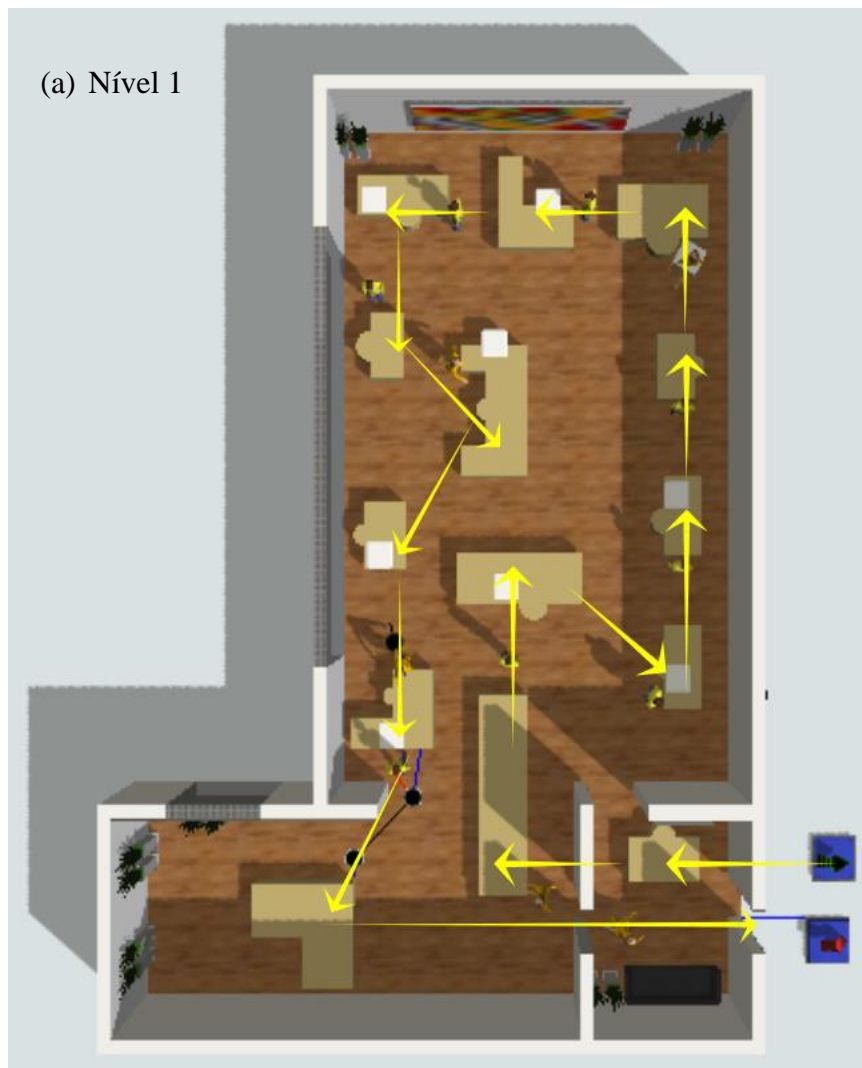


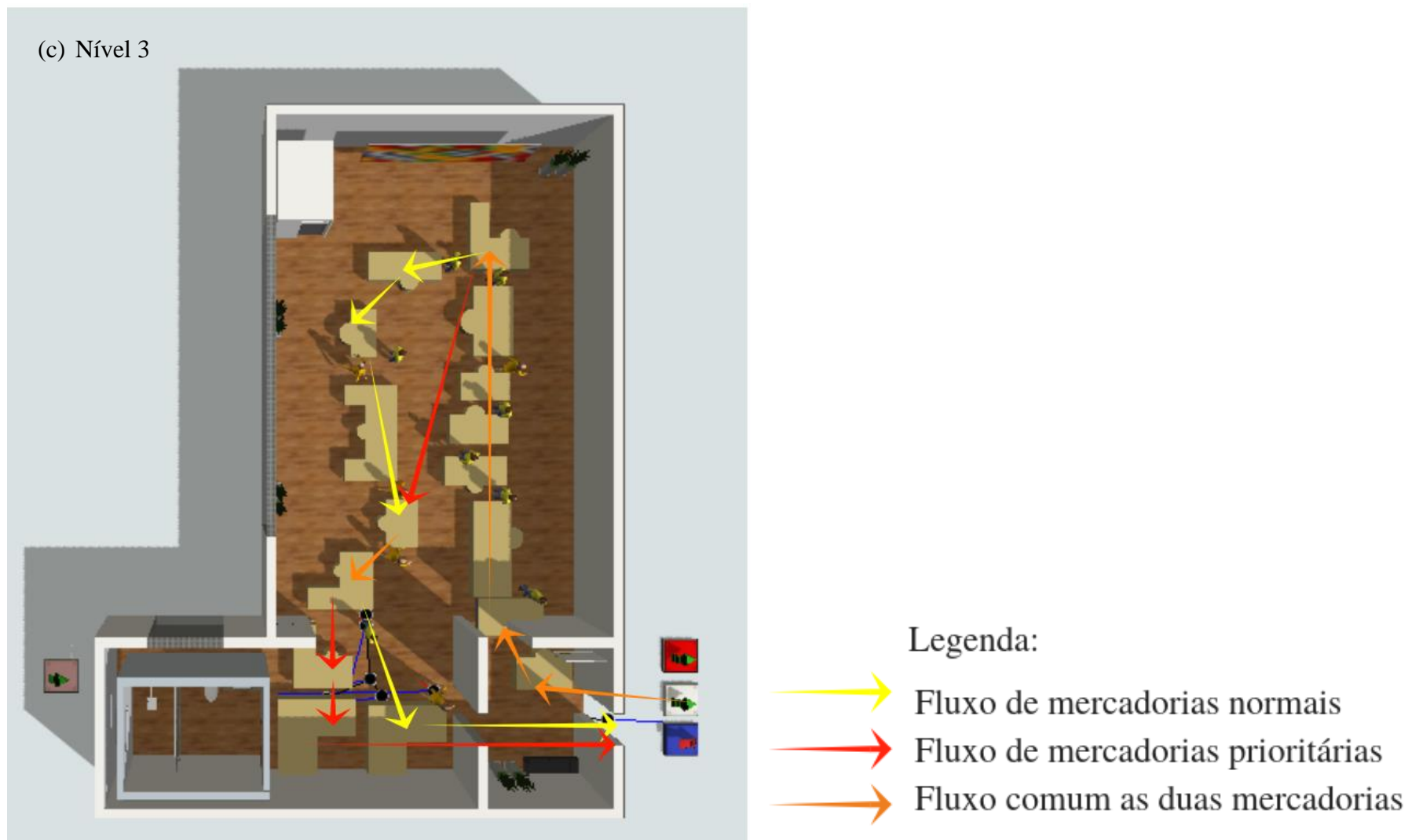
Legenda:

-  Fluxo de mercadorias normais
-  Fluxo de mercadorias prioritárias
-  Fluxo comum as duas mercadorias

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

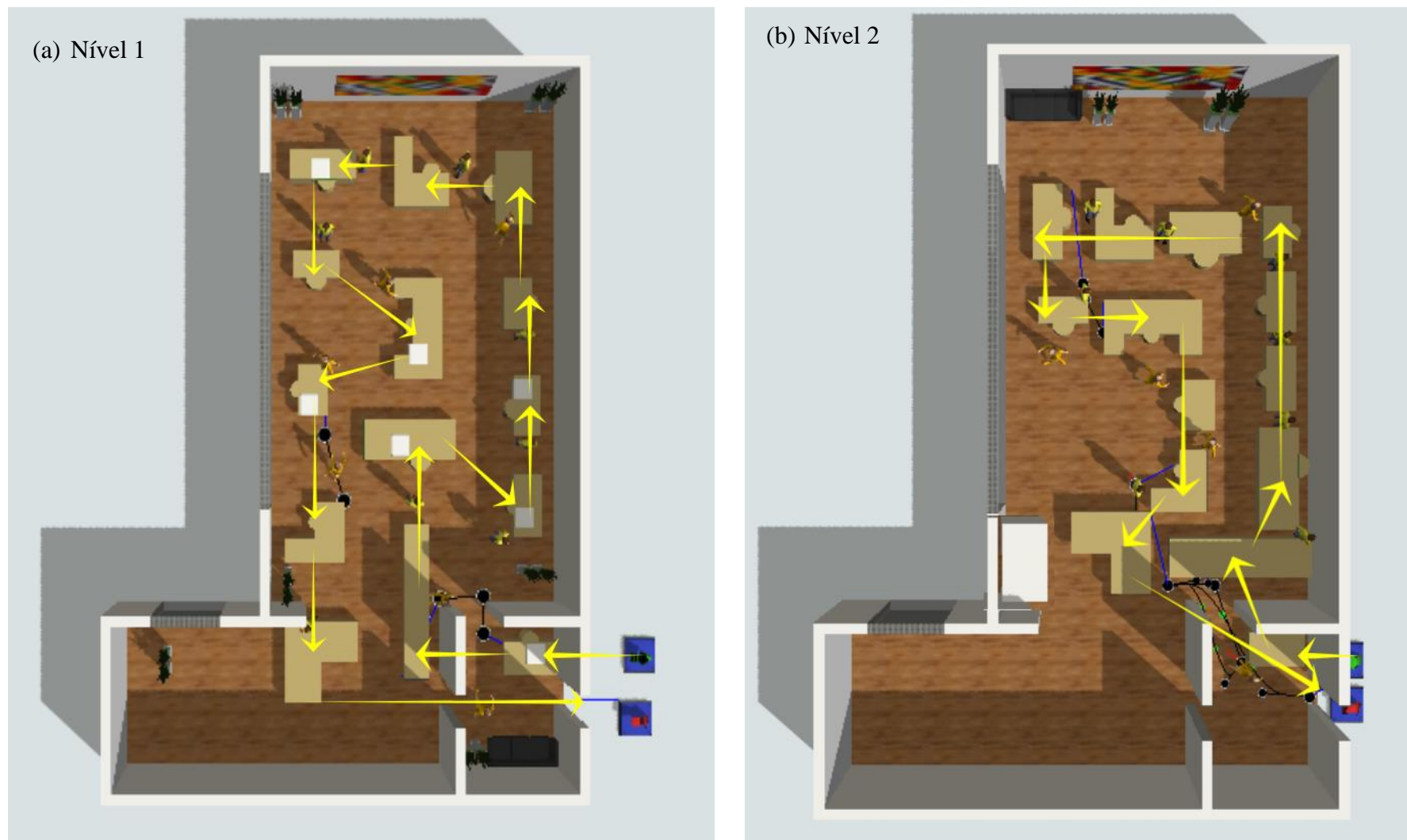
APÊNDICE D – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 3

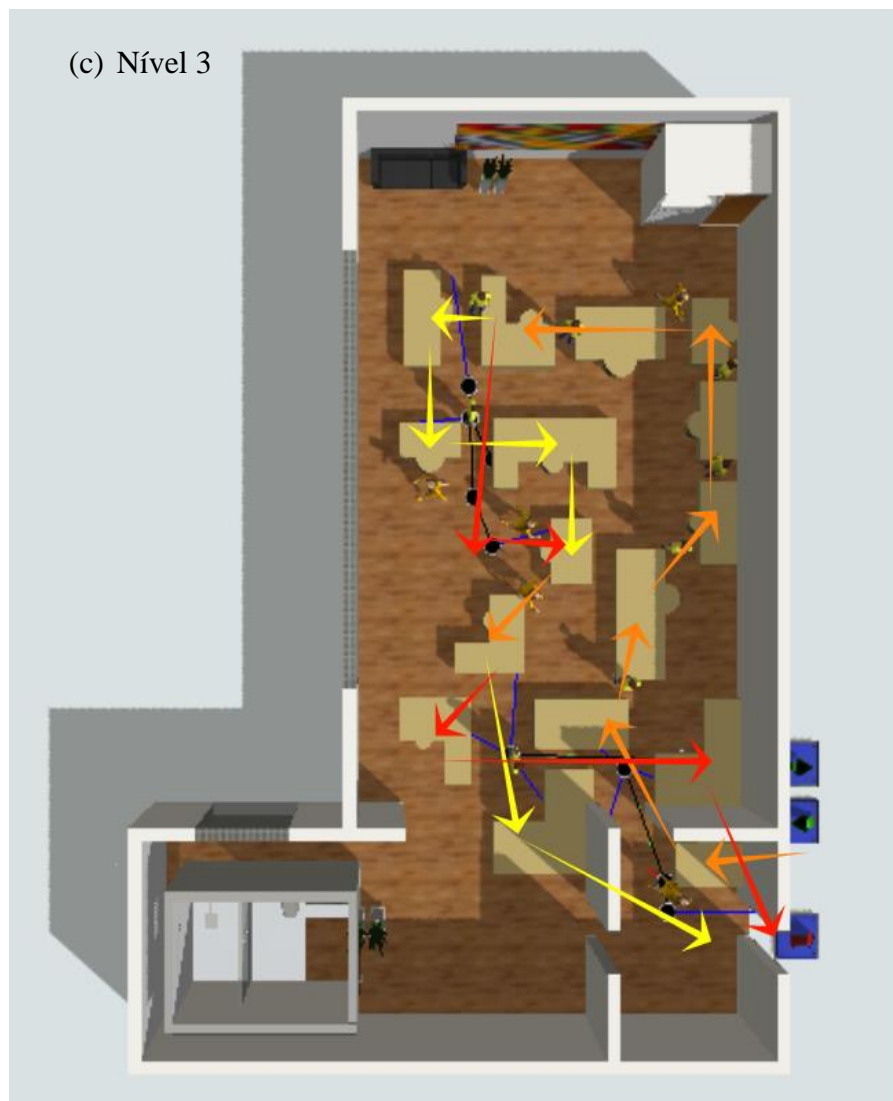







Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

APÊNDICE E – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 4

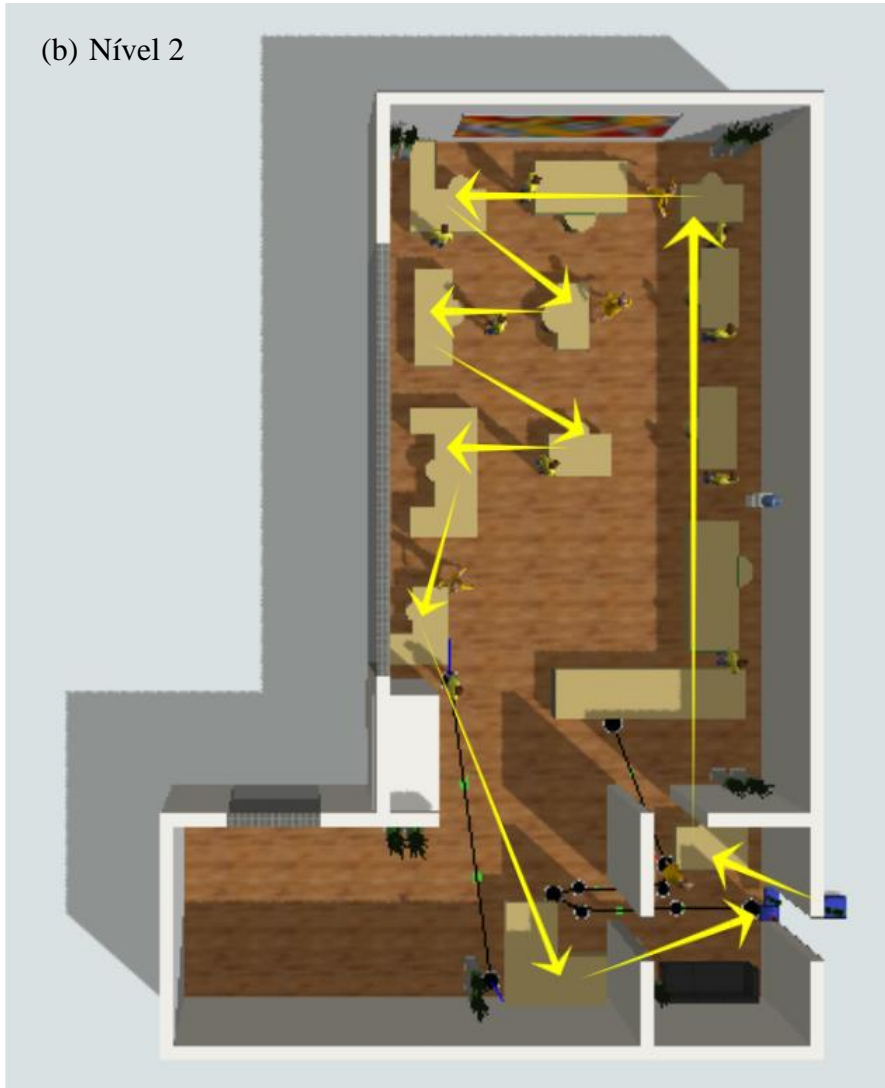
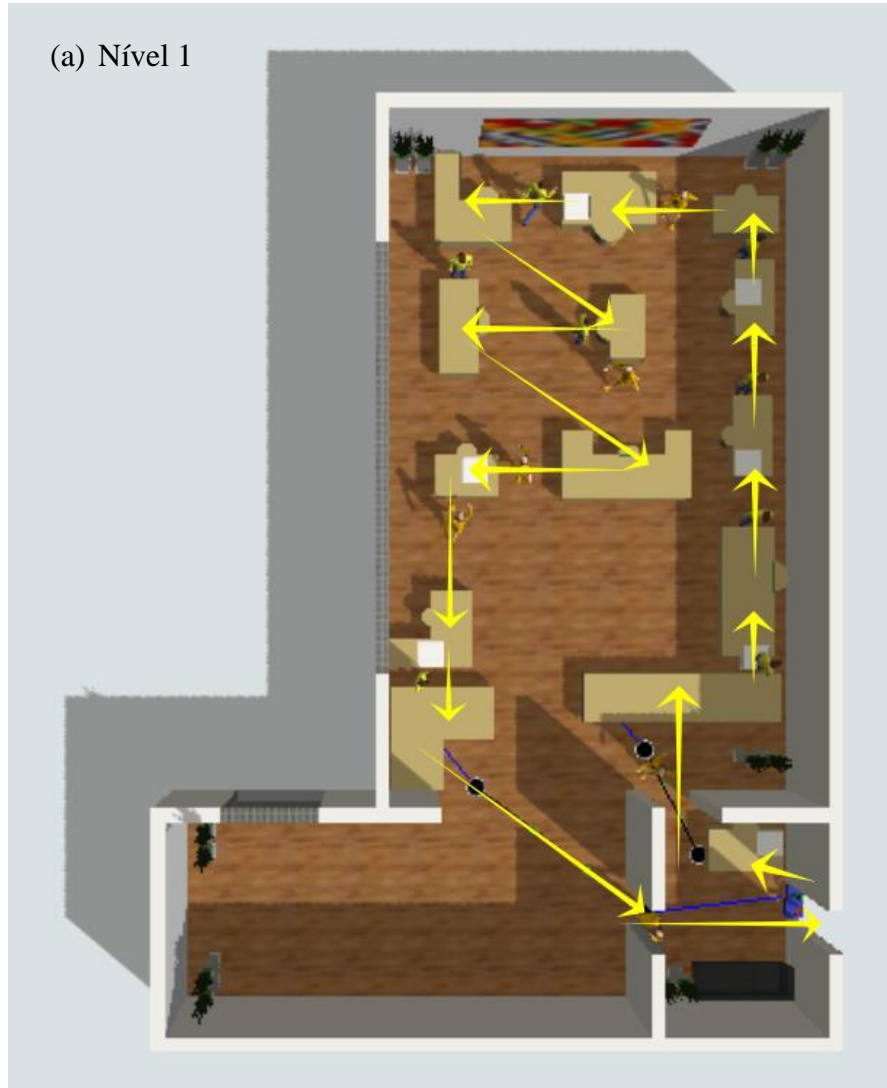




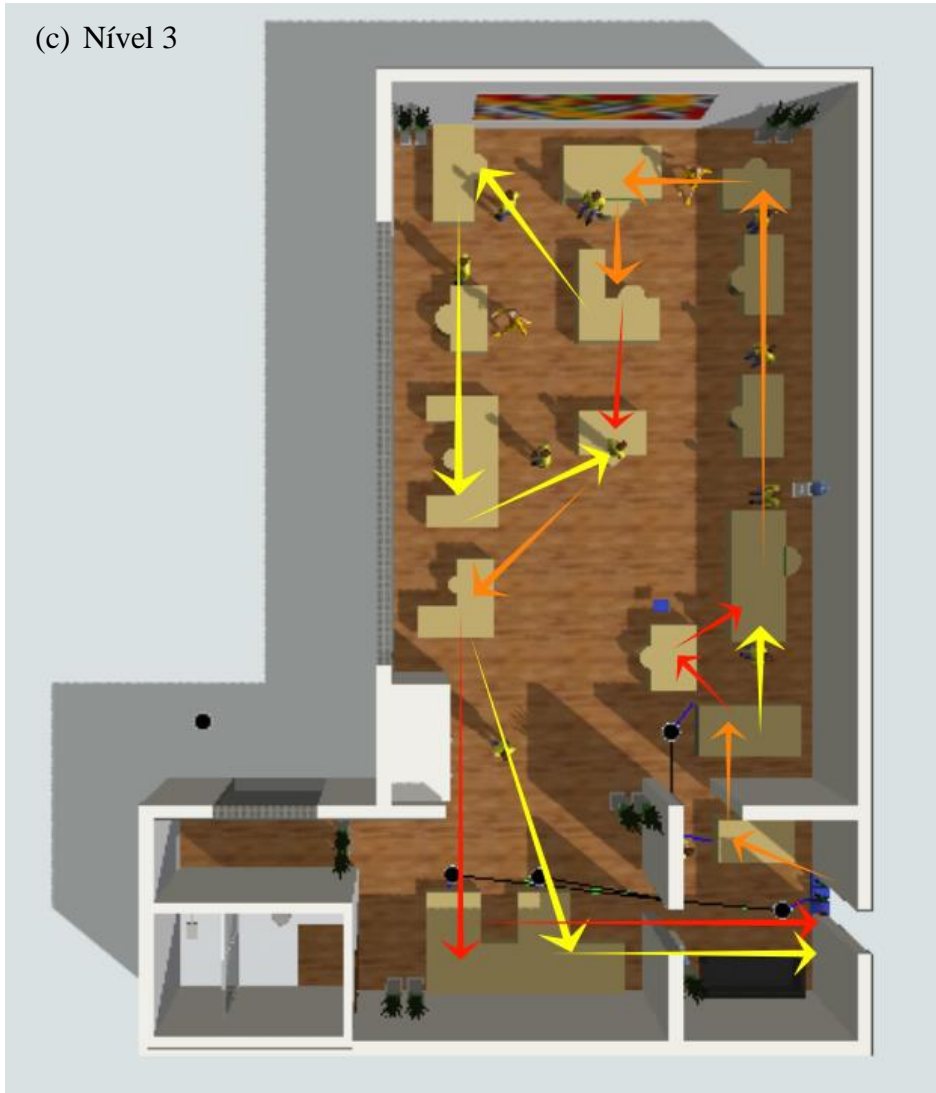
- Legenda:
-  Fluxo de mercadorias normais
 -  Fluxo de mercadorias prioritárias
 -  Fluxo comum as duas mercadorias

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).




APÊNDICE F – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 5



(c) Nível 3

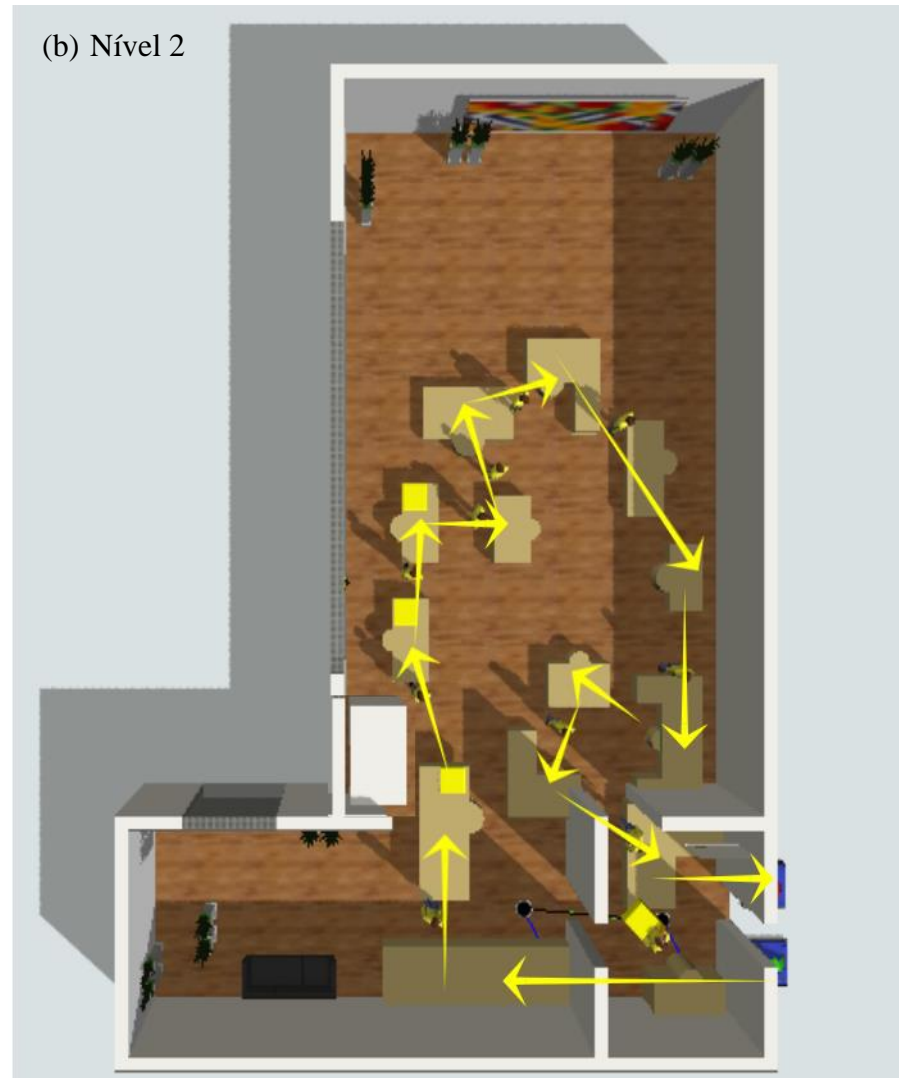
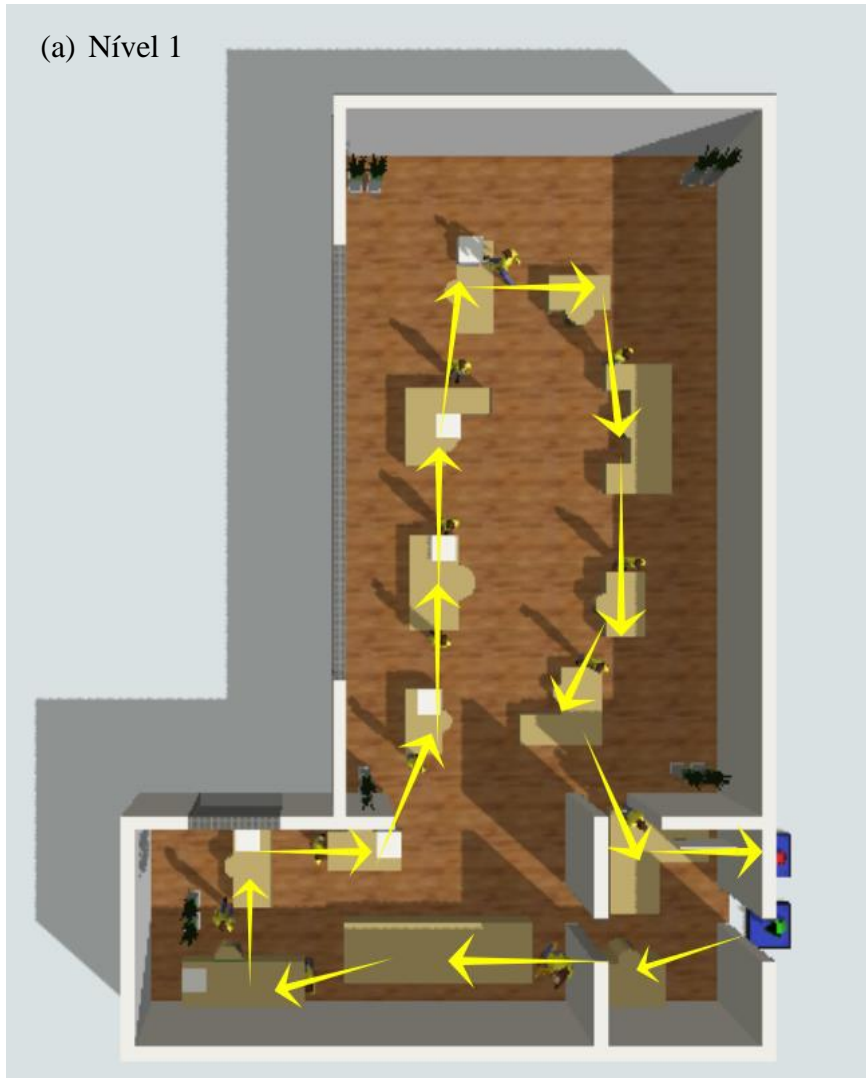


Legenda:

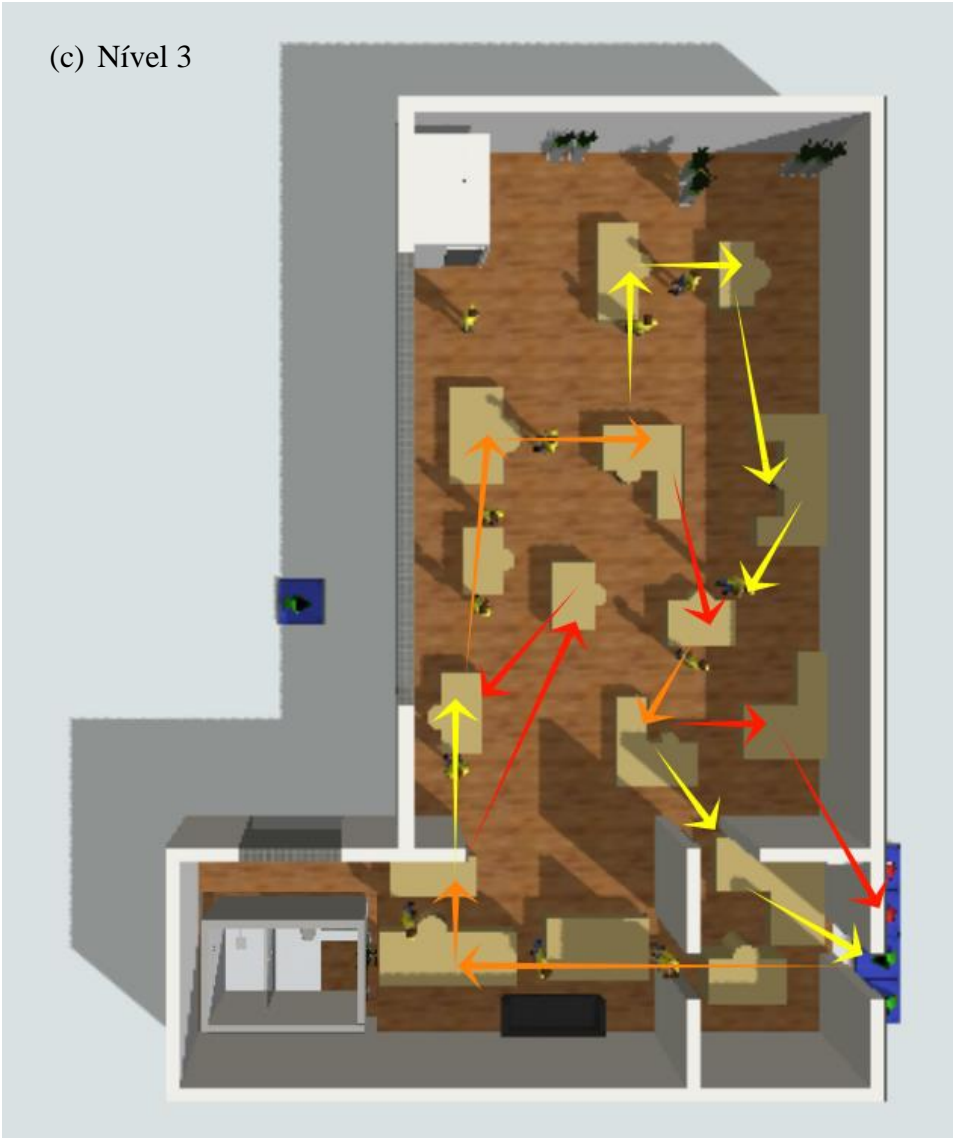
-  Fluxo de mercadorias normais
-  Fluxo de mercadorias prioritárias
-  Fluxo comum as duas mercadorias

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).




APÊNDICE G – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 6



(c) Nível 3

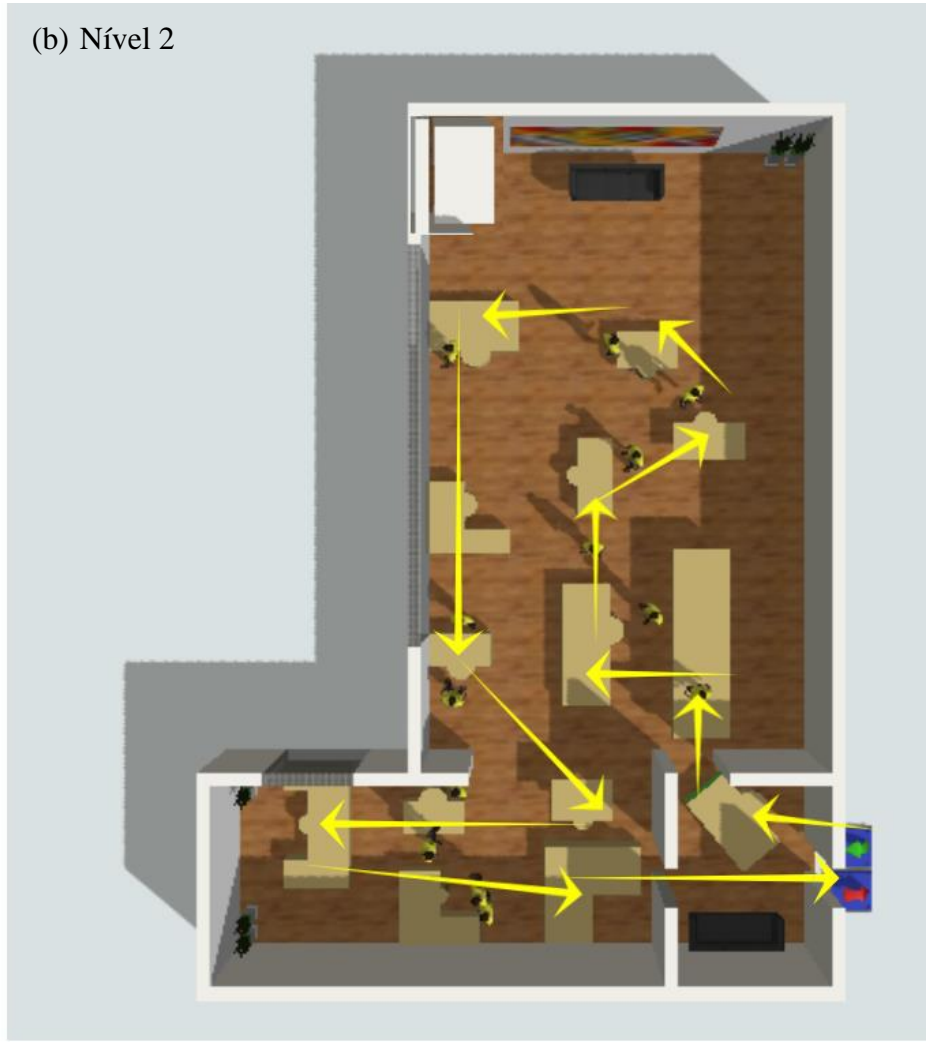
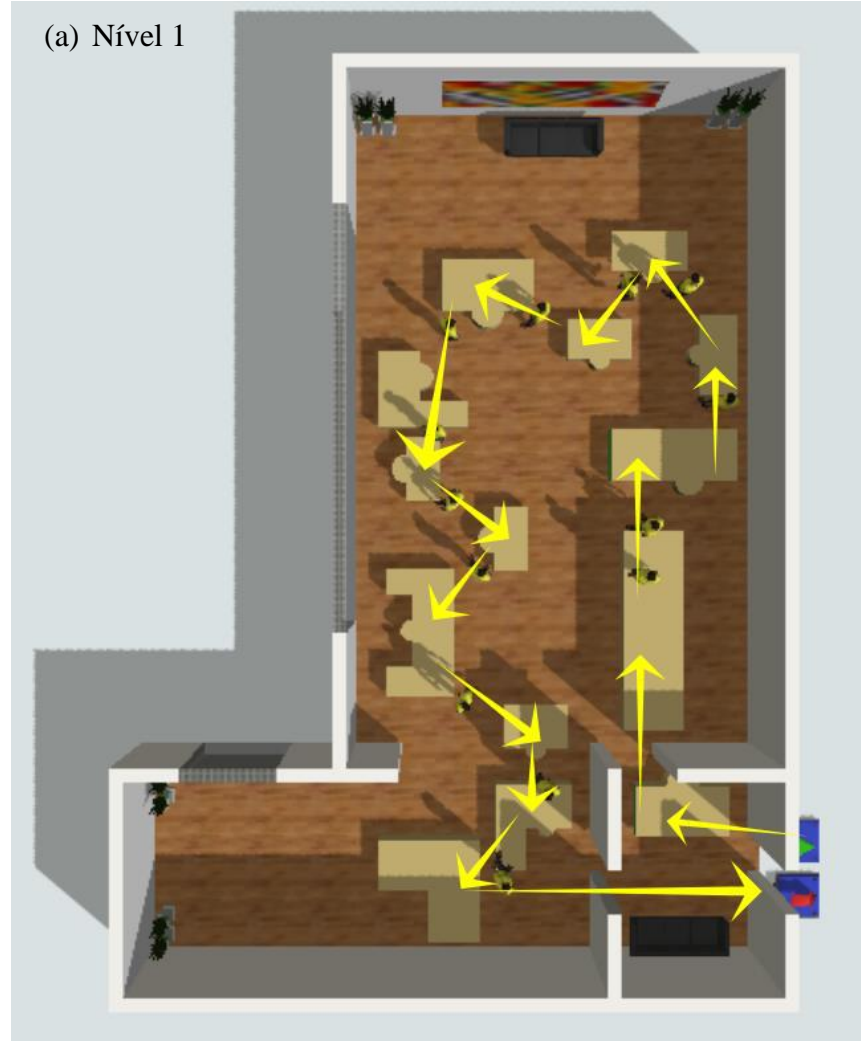


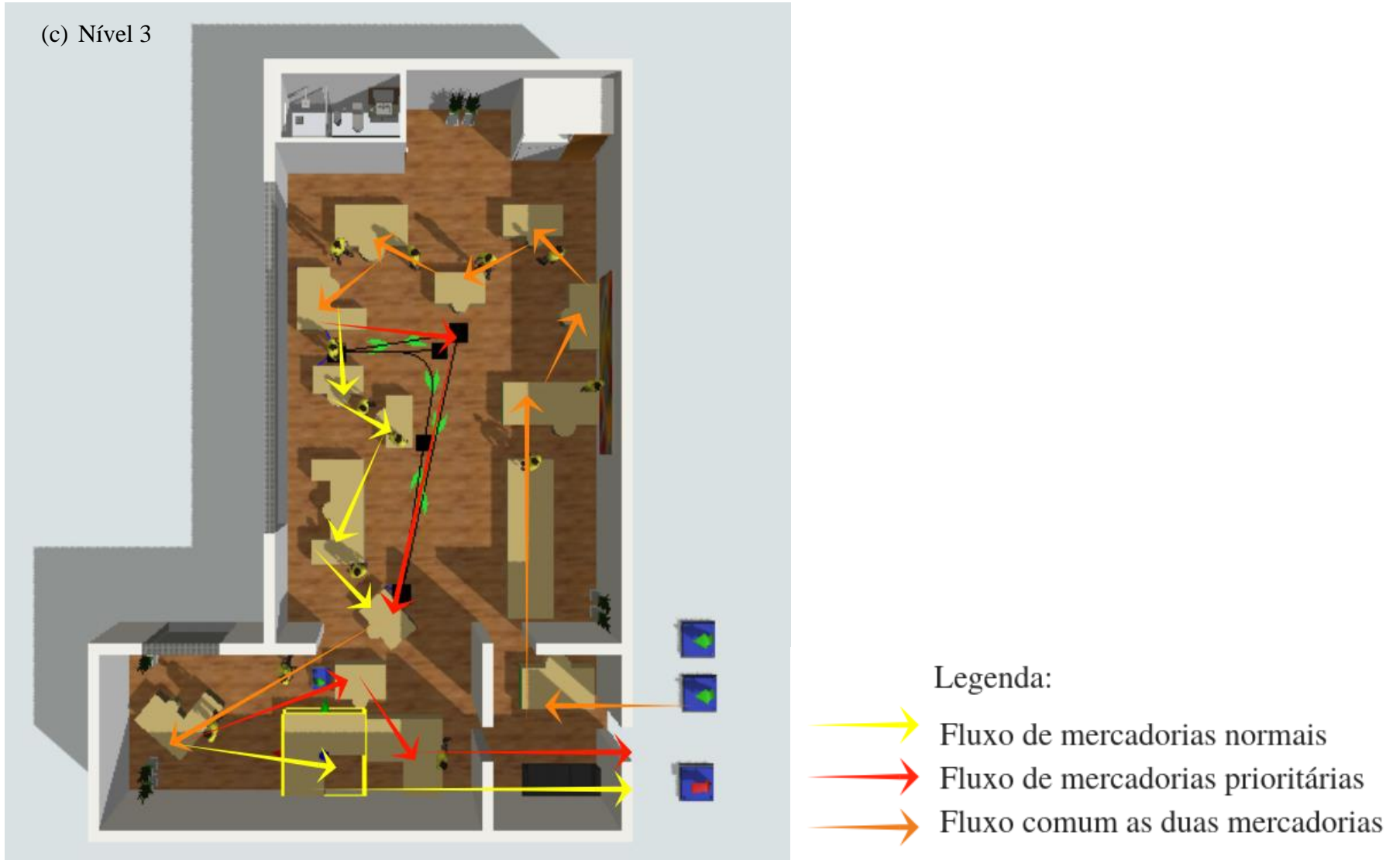
Legenda:

-  Fluxo de mercadorias normais
-  Fluxo de mercadorias prioritárias
-  Fluxo comum as duas mercadorias

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

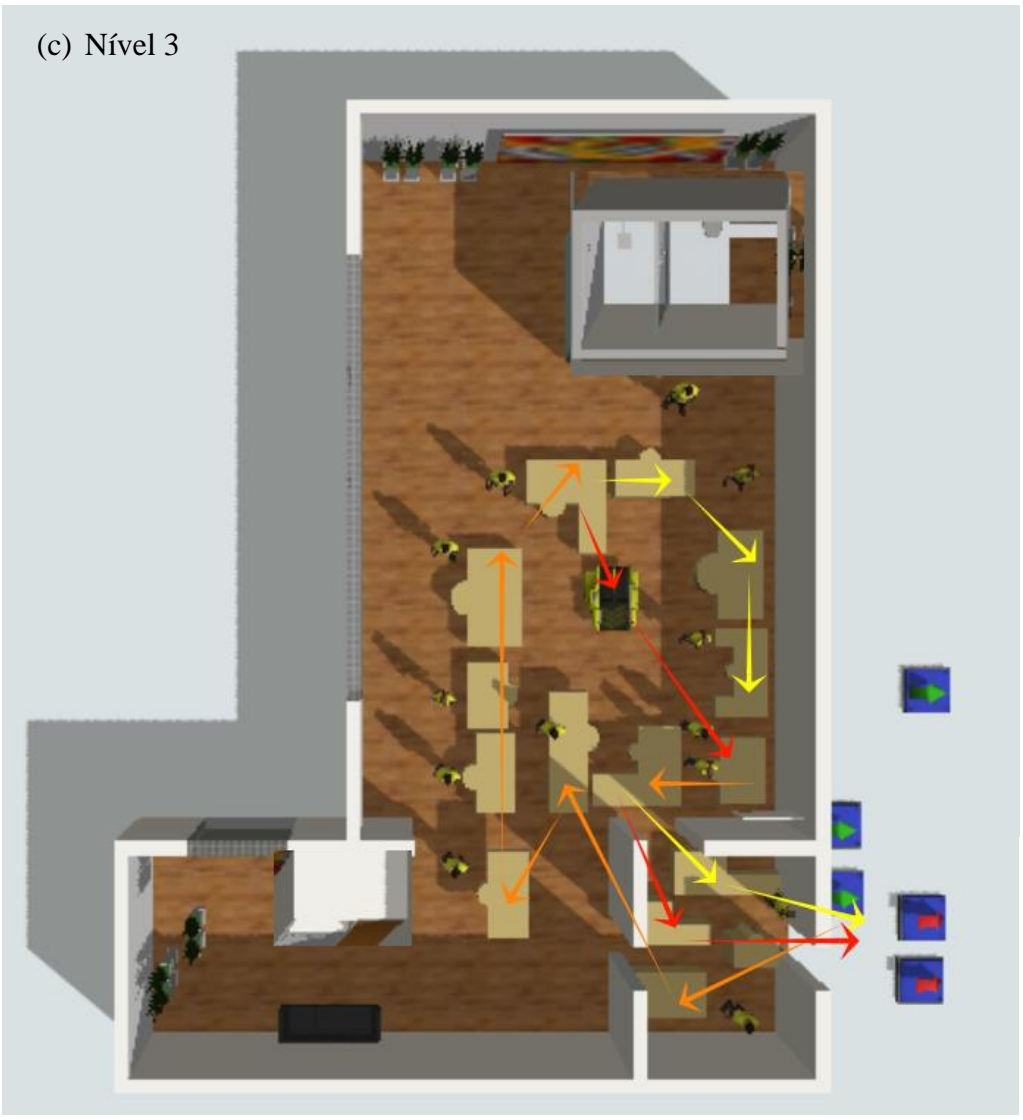
APÊNDICE H – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 7








Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

(c) Nível 3



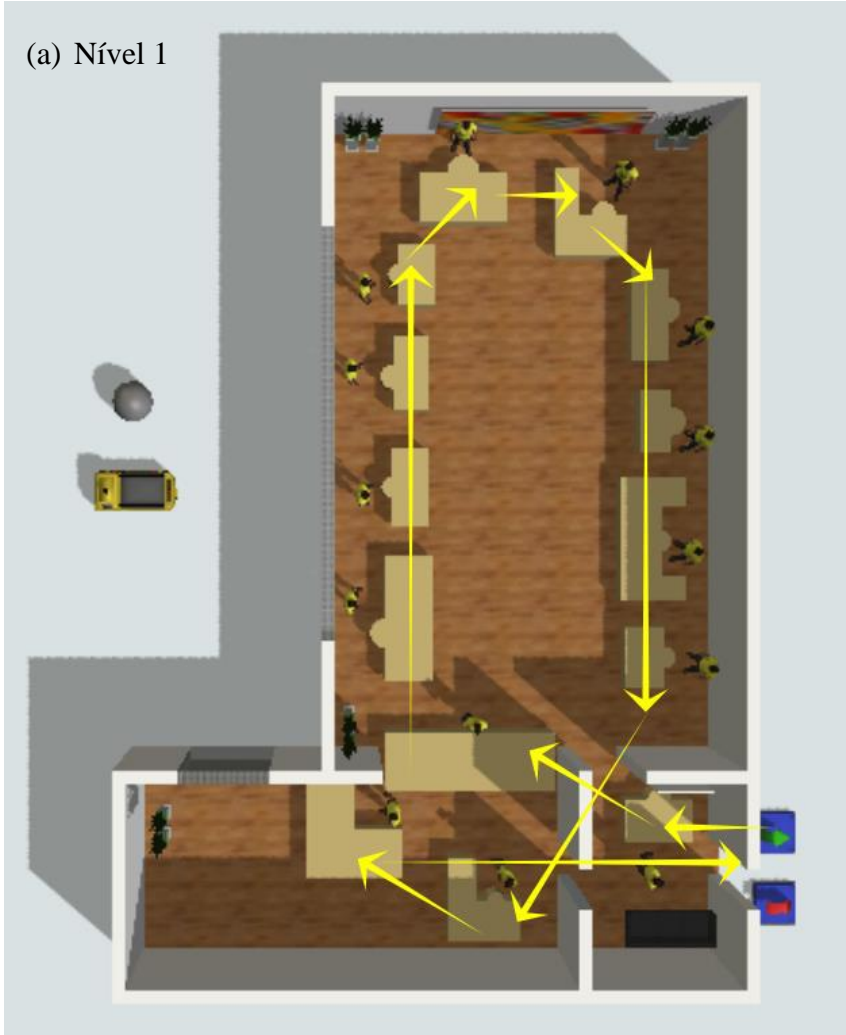
Legenda:

-  Fluxo de mercadorias normais
-  Fluxo de mercadorias prioritárias
-  Fluxo comum as duas mercadorias

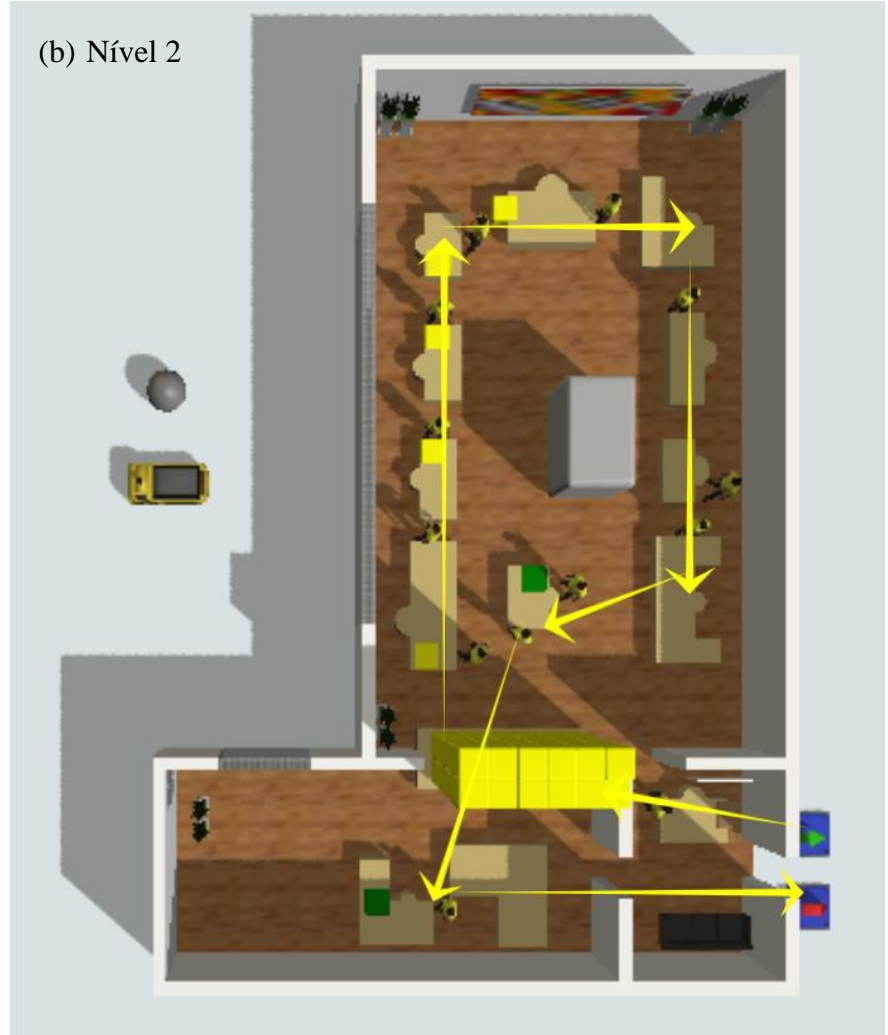
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

APÊNDICE J – MAPOFLUXOGRAMAS EQUIPE 9

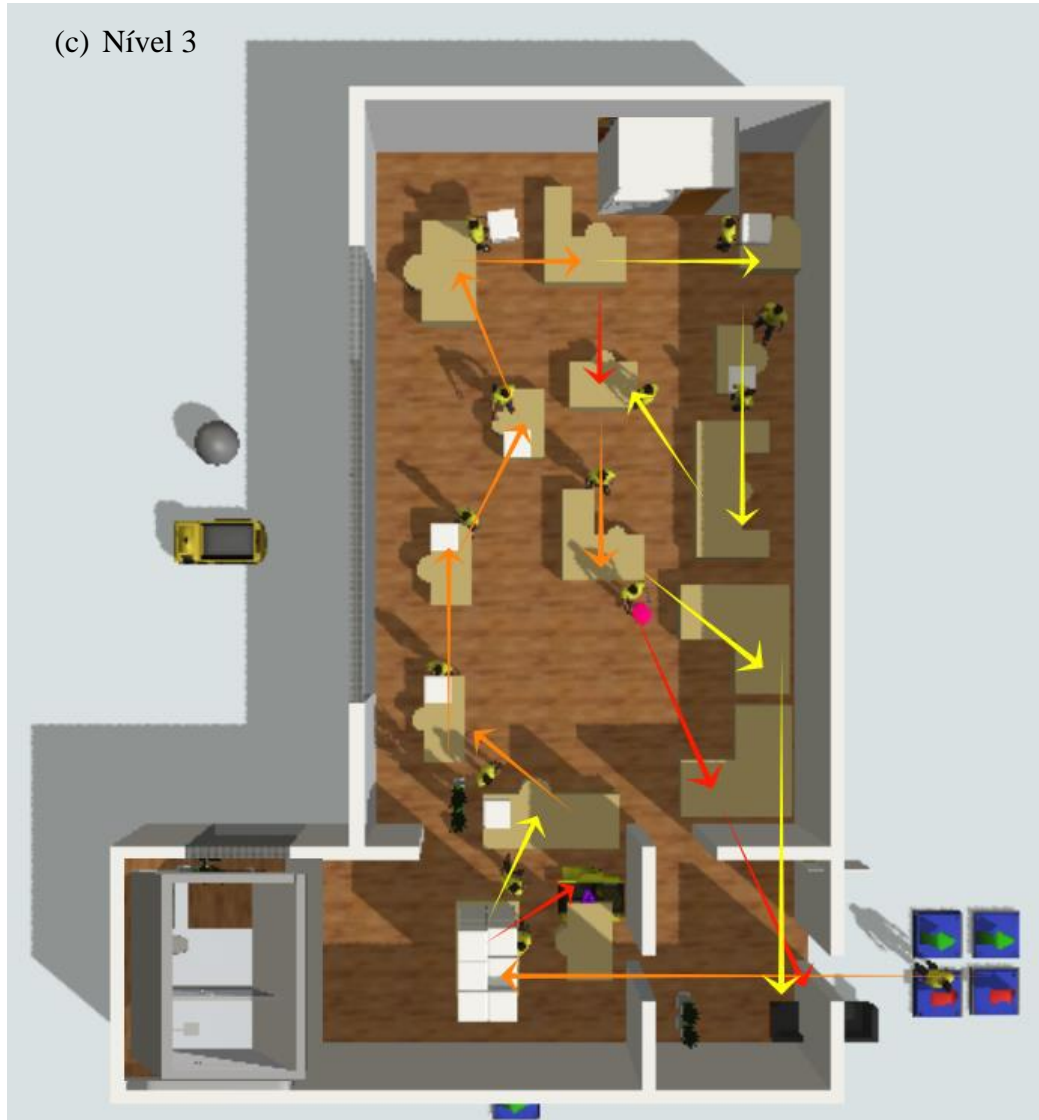
(a) Nível 1






(b) Nível 2



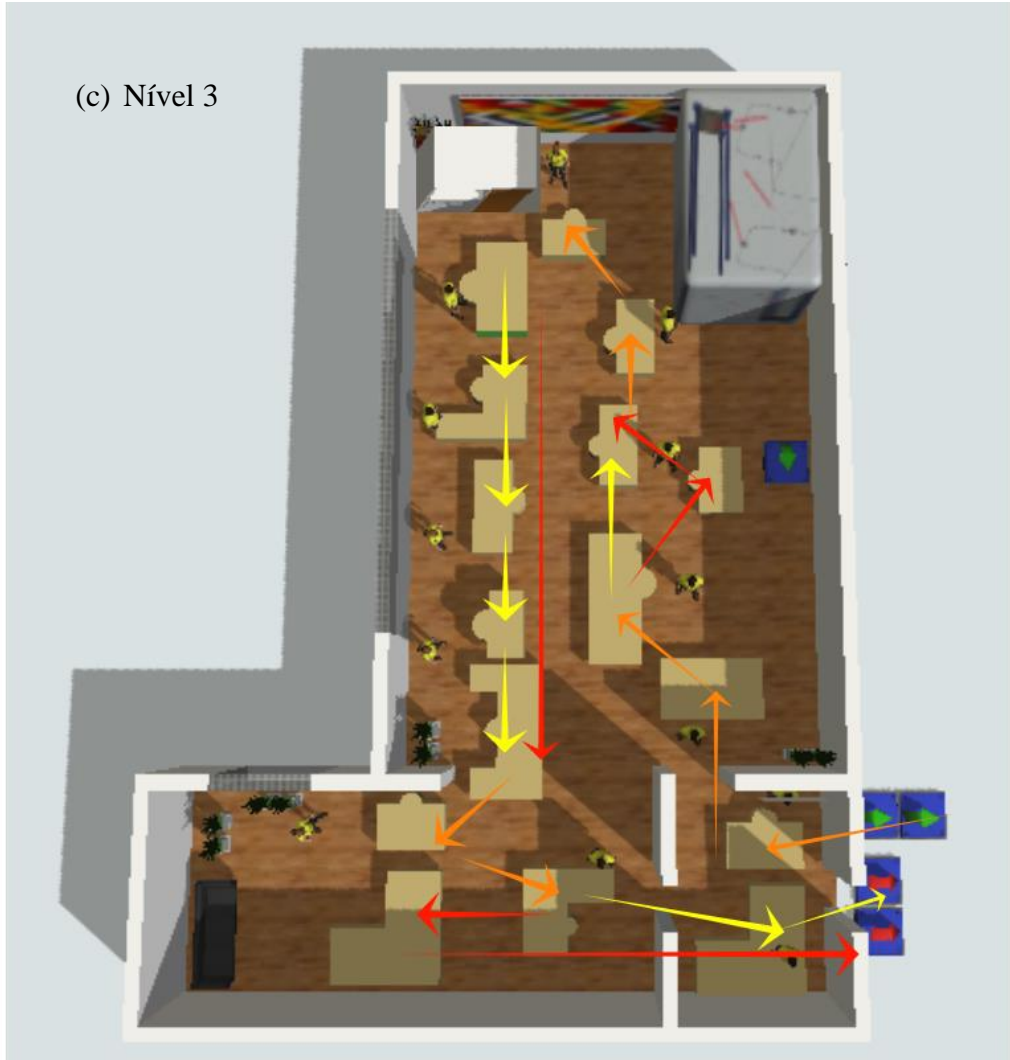
(c) Nível 3



Legenda:

-  Fluxo de mercadorias normais
-  Fluxo de mercadorias prioritárias
-  Fluxo comum as duas mercadorias

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).



Legenda:

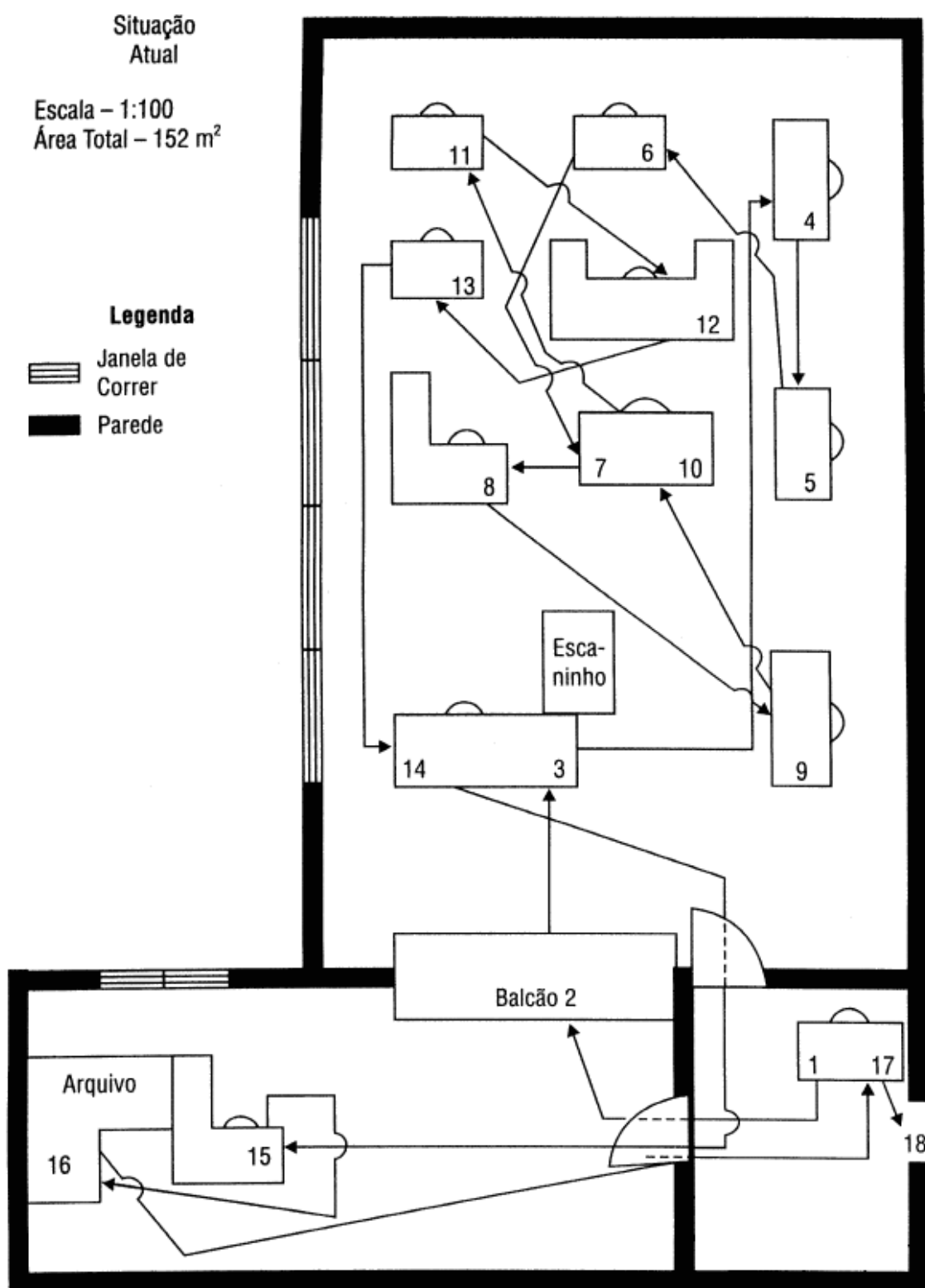
- Fluxo de mercadorias normais
- Fluxo de mercadorias prioritárias
- Fluxo comum as duas mercadorias

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

ANEXO A – PROCESSO DO SETOR DE RECEBIMENTO (PROBLEMA BASE)

1. A mercadoria pedida dá entrada no departamento de recebimento. Carolina, recepcionista do andar, recebe a mercadoria;
2. A recepcionista do andar leva a mercadoria até o balcão;
3. César, balconista, recebe a mercadoria e leva-a ao conferente, digita e identifica o pedido e confere a mercadoria com o pedido;
4. A mercadoria, juntamente com a nota fiscal, é enviada ao funcionário Luís, que confere e assina o canhoto da NF;
5. A mercadoria e a NF são enviadas à funcionária Andréa, que verifica a soma da NF;
6. A mercadoria e a NF são entregues à funcionária Adriana, que confere os valores da nota, abre o arquivo correspondente e transmite os dados à unidade competente;
7. Toda a documentação é levada ao gerente, que redige a autorização de pagamento;
8. A autorização de pagamento é encaminhada ao funcionário que faz a correspondente digitação, imprime e passa ao assistente;
9. O assistente lê e verifica. Quando não há erros, a autorização é levada ao gerente;
10. O gerente recebe a autorização, confere e assina. Manda então a autorização com os dados necessários para a funcionária Amanda;
11. A funcionária Amanda recebe, digita o formulário de autorização e envia para a supervisora Alessandra, juntamente com a autorização assinada pelo gerente;
12. A supervisora Alessandra recebe, confere e assina o formulário e a autorização, enviando-os para Vânia, auxiliar de escritório;
13. Vânia recebe o formulário e a autorização, carimba as cópias e o original e leva com a mercadoria para César, o conferente;
14. César separa duas vias, grampeia e leva para o arquivista todas as vias, autorização e mercadoria;
15. Juarez, o arquivista, recebe e separa as cópias grampeadas. Grampeia uma cópia na mercadoria;
16. É feito o arquivamento físico de duas cópias;
17. As outras duas cópias e a autorização são enviadas à recepcionista do andar, juntamente com a mercadoria;
18. Adriana encaminha as cópias e a autorização à tesouraria e a mercadoria ao almoxarifado;

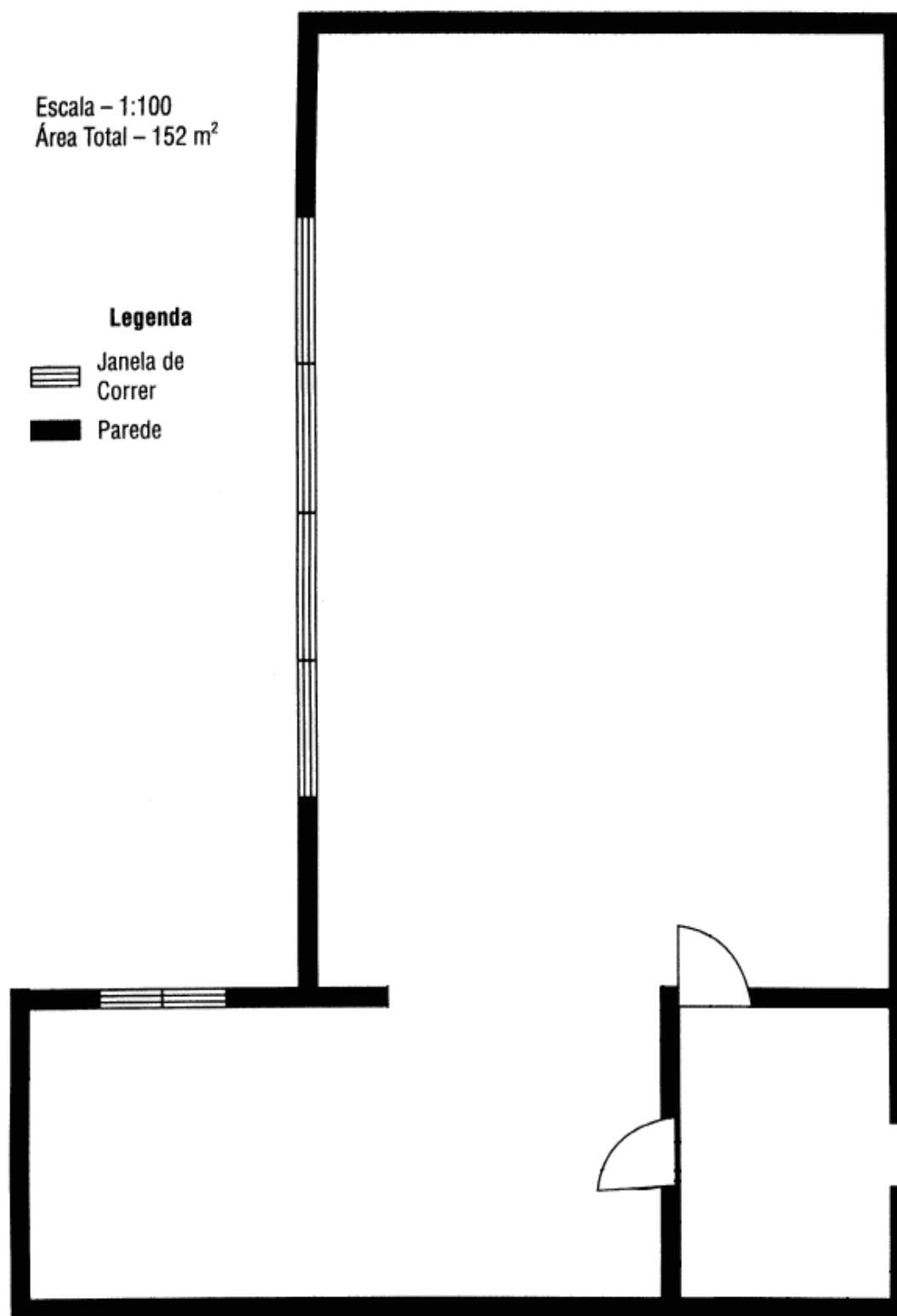
ANEXO B – MAPOFLUXOGRAMA (PROBLEMA BASE)



Fonte:

Fonte: Carneiro (2006).

ANEXO C – FOLHA RESPOSTA (PROBLEMA BASE)



Fonte: Carneiro (2006).

ANEXO D – MODELO DOS MÓVEIS (PROBLEMA BASE)

