



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

FERNANDO ZIPPERER TREVISAN
MURYLO GUSTAVO SAMPAIO

**Análise e estudo da aplicação de *softwares* de
modelagem e simulação industrial e de processos**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2 - TCC2

Curitiba
2017

FERNANDO ZIPPERER TREVISAN
MURYLO GUSTAVO SAMPAIO

**Análise e estudo da aplicação de *softwares* de
modelagem e simulação industrial e de processos**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Antonio Reaes

Curitiba
2017

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "**Análise e estudo de aplicação de softwares de modelagem e simulação industrial e de processos**", realizado pelo aluno(s) Fernando Zipperer Trevisan e Murylo Gustavo Sampaio, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Dr. Paulo Antonio Reaes
DAMEC, UTFPR
Orientador

Prof. Mestre em Engenharia Osvaldo Verussa Junior
DAMEC, UTFPR
Avaliador

Prof. Mestre em Engenharia Rodrigo U. Garbin da Rocha
DAMEC, UTFPR
Avaliador

Curitiba, 28 de junho de 2017.

Fernando: *Gostaria de dedicar este trabalho aos meus pais, Maurício e Cláudia, por serem meu porto seguro e sempre me apoiarem, aos meus irmãos Felipe e Thiago, por compreenderem a minha ausência nestes anos todos de faculdade e à minha namorada pelo apoio e sempre me animar nos momentos difíceis.*

Murylo: *Dedico esse trabalho à todos que estiveram presentes em minha vida acadêmica. Àqueles que desde o princípio apoiaram e me deram forças para seguir em frente e nunca desistir. Minha família, Elisete, Saulo e Luana, tão importantes em minha vida, sempre dando o suporte essencial para tudo. Todo meu agradecimento à minha namorada Allana, que nos momentos bons e, principalmente, ruins fortaleceu meu chão e me deu forças para seguir um sonho, muito obrigado. Sem vocês nada disso seria possível.*

Agradecimentos

Primeiramente gostaríamos de agradecer ao professor Paulo Reaes, nosso orientador o qual nos propôs o tema deste trabalho e também nos guiou no decorrer deste ano de pesquisa e nos colocou em contato com pessoas da área.

Gostaríamos de agradecer aos professores Lino Guimarães Marujo, Daniel Capaldo Amaral, Whalter Azzolini, Carlos Ernani Fries, Paulo Andery, Fernando Bernardi de Souza, Alexandre Augusto Massote e à aluna Livia Olivio de Souza Ribeiro por disponibilizarem seu tempo para entrar em contato conosco e nos prover com informações sem as quais essa pesquisa não seria possível.

Também gostaríamos de agradecer pelo tempo e pelas informações igualmente importantes para a conclusão deste trabalho fornecidas por Michael Machado da FlexSim Brasil e Alain de Norman et d'Audenhove da Belge Consultoria.

“Wyrð bið ful aræd” (Bernard Cornwell).

Resumo

SAMPAIO, Murylo Gustavo; TREVISAN, Fernando Zipperer. Análise e estudo da aplicação de softwares de modelagem e simulação industrial e de processos. 2017. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Para que uma organização obtenha destaque e prosperidade no mercado, esta deve apresentar diferenciação e competitividade em relação aos seus similares. Nesse contexto, a utilização de ferramentas preditivas para identificar possíveis melhorias na produção e evitar desperdícios se torna algo vital para a permanência no mercado. Os métodos de predição mais utilizados na indústria são realizados por meio de *softwares* de modelagem e simulação industrial e de processos. Como a gama de programas de simulação computadorizada disponível no mercado é grande, não se sabe ao certo quais destes são considerados os melhores, quais são ensinados em meios acadêmicos e quais são utilizados na indústria. Este trabalho teve como objetivo principal realizar um levantamento de dados que proporcione uma base para quem pretende iniciar o uso ou implementar algum *software* de simulação. A pesquisa apontou para o domínio do ARENA, tanto em universidades brasileiras como em publicações de pesquisas acadêmicas. Já na indústria, através de uma análise qualitativa, o ARENA seria o candidato mais provável à liderança devido ao seu tempo no mercado e hegemonia nas outras duas áreas de pesquisa.

Palavras-chave: *Software*, modelagem, simulação industrial, simulação de processos.

Abstract

SAMPAIO, Murylo Gustavo; TREVISAN, Fernando Zipperer. Análise e estudo da aplicação de softwares de modelagem e simulação industrial e de processos. 2017. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

In order to succeed, an organization must have qualities such as differentiation and competitiveness when compared to its similar. Considering this context, using predictive tools to spot possibilities of improvement and avoid losses becomes vital to maintain a company into the market. Nowadays, the methods used to make predictions in industries are software that can create a model and simulate industrial processes. Once there is a considerable amount of different software available today, there is no certainty of which one is considered the best, which ones are used as a teaching tool in universities and which ones are the most used in industry. This research has the main goal of helping to choose or start using one of those software by leaving a data survey. The final results show ARENA as the leading software in both brazilian universities and scientific publications. In industry, ARENA is the most likely to win because of its time in the market.

Key-words: *Software*, modeling , industrial simulation, process simulation.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Áreas de aplicação da simulação	15
Figura 2 – Gráfico de quantidade de documentos publicados na área de simulação de processos industriais de acordo com os anos de publicação em caráter mundial.	16
Figura 3 – Número de documentos publicados por país, nos anos de 1976 a 2016	17
Figura 4 – Documentos publicados no Brasil ao decorrer dos anos	18
Figura 5 – As bases da Manufatura Enxuta	22
Figura 6 – Tipos de desperdícios existentes segundo Ohno	23
Figura 7 – Interface de conversa com o usuário do <i>software</i> ARENA	26
Figura 8 – Modelagem de uma planta com 2 estações de trabalho usando o ARENA	27
Figura 9 – Situação da planta no fim da simulação no ARENA.	27
Figura 10 – Relatório de simulação no ARENA com resultados numéricos para o tempo na estação de trabalho	28
Figura 11 – Relatório de simulação no ARENA com resultados gráficos para o tempo acumulado nas estações de trabalho	29
Figura 12 – Relatório de simulação no ARENA com resultados numéricos para o tempo de fila nas estações de trabalho	29
Figura 13 – Aumento da capacidade do posto usinagem de um para dois turnos	30
Figura 14 – Simulação após alteração de número de turno	31
Figura 15 – Resultados da simulação após alteração de número de turno	31
Figura 16 – Fluxograma apresentando as etapas do processo de simulação	33
Figura 17 – Fluxograma da metodologia descrita por Luna para pesquisas de revisão bibliográfica	38
Figura 18 – Exemplo prático da metodologia aplicada por Luna	39
Figura 19 – Fluxograma das etapas de execução do projeto	40
Figura 20 – Critérios adotados para execução do <i>Ranking</i> Universitário da Folha	42
Figura 21 – Número de utilizações de cada <i>software</i> nos 10 melhores cursos de Engenharia da Produção do país, segundo o critério adotado.	49
Figura 22 – Resultados absolutos e porcentagem relativa dos dados encontrados através da plataforma Google Scholar	50
Figura 23 – Resultados absolutos e porcentagem relativa dos dados encontrados através da plataforma Google Scholar a partir de 2013.	52
Figura 24 – Resultados absolutos e porcentagem relativa dos dados encontrados através da plataforma Scopus mundialmente	54

Figura 25 – Resultados absolutos e porcentagem relativa dos dados encontrados através da plataforma Web of Science mundialmente.	56
Figura 26 – Resultados absolutos e porcentagem relativa da soma dos dados encontrados através das plataformas de pesquisas.	57
Figura 27 – Interface da área de contato dos representantes da FlexSim Brasil .	59
Figura 28 – Interface do site da Belge	61
Figura 29 – Clientes da Paragon, empresa fornecedora do ARENA	62
Figura 30 – Resposta via e-mail do coordenador da Engenharia da Produção da UFRJ, Prof. Dr. Lino Guimarães Marujo.	72
Figura 31 – Contato via e-mail com o professor Whalter Azzolini da USP.	73
Figura 32 – Resposta via e-mail do coordenador da Engenharia da Produção da UFSC, Prof. Dr. Carlos Ernani Fries.	74
Figura 33 – Ementa da disciplina Simulação de Sistemas, ministrada na UNICAMP citando o uso do ARENA.	75
Figura 34 – Ementa da disciplina Simulação de Sistemas, ministrada na UNICAMP citando o uso do ARENA, parte 2.	76
Figura 35 – Resposta via e-mail da aluna da Engenharia da Produção da UFS-Car, Livia Olivio de Souza Ribeiro.	77
Figura 36 – Contato via mensagem de texto com o professor Paulo Andery, confirmando o uso do <i>software</i> na UFMG.	78
Figura 37 – Ementa da disciplina Projeto de Fábrica e <i>Layout</i> , ministrada na UFRGS citando o uso do ProModel, parte 1.	79
Figura 38 – Ementa da disciplina Projeto de Fábrica e <i>Layout</i> , ministrada na UFRGS citando o uso do ProModel, parte 2.	80
Figura 39 – Ementa da disciplina Projeto de Fábrica e <i>Layout</i> , ministrada na UFRGS citando o uso do ProModel, parte 3.	81
Figura 40 – Resposta via e-mail do coordenador da Engenharia da Produção da UNESP, Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza.	82
Figura 41 – Resposta via e-mail do professor da Engenharia da Produção da FEI, Prof. Dr. Alexandre Augusto Massote.	83
Figura 42 – Ementa da disciplina Programação da Produção II, ministrada na UFPR citando o uso do ARENA, parte 1.	84
Figura 43 – Ementa da disciplina Programação da Produção II, ministrada na UFPR citando o uso do ARENA, parte 2.	85
Figura 44 – Resposta via e-mail de Alain de Norman, diretor da Belge Consultoria sobre o ProModel	86
Figura 45 – Primeira parte da resposta de Michael Machado da FlexSim Brasil, com dados sobre o <i>software</i>	88

Figura 46 – Segunda parte da resposta de Michael Machado da FlexSim Brasil, com dados sobre o <i>software</i>	89
Figura 47 – E-mail enviado para Alana, da Paragon, após contato telefônico. . .	90

Lista de tabelas

Tabela 1 – Dez primeiras Universidades, segundo o Ranking Universitário da Folha de 2016, no curso de Engenharia da Produção.	43
Tabela 2 – Resultado dos <i>softwares</i> de simulação industrial usados em cada uma das universidades presente no <i>ranking</i> dos dez melhores cursos de Engenharia da Produção, segundo o RUF.	47
Tabela 3 – Tabela sintética das fontes de informação.	48
Tabela 4 – Quantidade de documentos encontrados no Google Scholar.	50
Tabela 5 – Quantidade de documentos encontrados no Google Scholar a partir de 2013.	51
Tabela 6 – Quantidade de documentos encontrados no Scopus no geral e documentos brasileiros	53
Tabela 7 – Quantidade de documentos encontrados na base Web of Science no geral e documentos brasileiros	55
Tabela 8 – Resultados somados das pesquisas em todas as plataformas	58
Tabela 9 – Crescimento na indústria do software FlexSim	60

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contexto do Tema	14
1.2	Caracterização do Problema	18
1.3	Objetivos	19
1.4	Justificativa	19
1.4.1	Contribuição Acadêmica	19
1.4.2	Contribuição para a Indústria	20
1.4.3	Contribuição Pessoal	20
2	REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1	O Sistema de Manufatura Enxuta	21
2.1.1	A História da Manufatura Enxuta	21
2.1.2	Principais Conceitos da Manufatura Enxuta	22
2.2	Softwares de Simulação de Eventos Discretos	24
2.2.1	Características Gerais e Definição	24
2.2.2	Softwares para Simulação Industrial	25
2.2.3	Classificação dos Modelos de Simulação Industrial	32
2.2.4	Metodologia para Uso da Simulação	32
2.2.5	Vantagens e Desvantagens da Simulação	34
2.3	Análise Combinada	35
3	METODOLOGIA	37
3.1	Descrição da Metodologia de Pesquisa	37
3.2	Descrição da Metodologia de Execução	39
3.3	Produtos do Projeto	40
4	ANÁLISE	41
4.1	Universidades	41
4.1.1	Critério para Seleção de Universidades Pesquisadas	41
4.1.2	Contato Com as Universidades Seleccionadas	44
4.1.3	Conclusão	48
4.2	Academia	49
4.2.1	Google Scholar	49
4.2.2	Scopus	52
4.2.3	Web of Science	54
4.2.4	Conclusão	56

4.3	Indústria	58
4.3.1	FlexSim	58
4.3.2	ProModel	60
4.3.3	ARENA	62
4.3.4	Conclusão	63
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
5.1	Universidades	66
5.2	Academia	66
5.3	Indústria	66
5.4	Conclusão	66
5.5	Dificuldades encontradas	67
	REFERÊNCIAS	68
	 ANEXOS	 71
	ANEXO A – CONTATO VIA E-MAIL COM O PROFESSOR DOUTOR LINO GUIMARÃES MARUJO (UFRJ)	72
	ANEXO B – CONTATO VIA E-MAIL COM O PROFESSOR DOUTOR WHALTER AZZOLINI (USP)	73
	ANEXO C – CONTATO VIA E-MAIL COM O PROFESSOR DOUTOR CARLOS ERNANI FRIES (UFSC)	74
	ANEXO D – EMENTA DA DISCIPLINA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS (UNICAMP)	75
	ANEXO E – CONTATO VIA E-MAIL COM A ALUNA LIVIA OLIVIO DE SOUZA RIBEIRO (UFSCAR)	77
	ANEXO F – CONTATO ATRAVÉS DE MENSAGEM COM O PROFESSOR PAULO ANDERY	78
	ANEXO G – EMENTA DA DISCIPLINA PROJETO DE FÁBRICAS E LAYOUT (UFRGS)	79
	ANEXO H – CONTATO VIA E-MAIL COM O PROFESSOR DOUTOR FERNANDO BERNARDI DE SOUZA (UNESP) .	82

ANEXO I – CONTATO VIA E-MAIL COM O PROFESSOR DOUTOR ALEXANDRE AUGUSTO MASSOTE (FEI)	83
ANEXO J – EMENTA DA DISCIPLINA PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO II (UFPR)	84
ANEXO K – CONTATO POR E-MAIL COM A BELGE CONSULTORIA (PROMODEL)	86
ANEXO L – CONTATO VIA E-MAIL COM O FLEXSIM BRASIL . .	87
ANEXO M – CONTATO POR E-MAIL COM A PARAGON (ARENA)	90

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório, pretende-se contextualizar o problema da diversidade de *softwares* de simulação disponíveis no mercado que não possuem estudo de comparação e aplicação entre eles, em seu cenário atual. Também se pretende apresentar os objetivos gerais e específicos de tal análise, justificando a presente pesquisa.

1.1 Contexto do Tema

No cenário atual da indústria, a maioria das empresas acabam utilizando uma ou mais ferramentas desenvolvidas por Taiichi Ohno, em seu trabalho conhecido como Manufatura Enxuta, apresentado no Sistema Toyota de produção. Esse sistema tem como base o aumento da produção e da eficiência através da redução de desperdícios e flexibilidade às mudanças na demanda ou no catálogo de produtos. Os desperdícios podem ser de diversos tipos como, por exemplo, tempos de espera, produção em excesso, gargalos e estocagem, entre outros (CARDOZA e CARPINETTI, 2005).

Com o avanço tecnológico atual e diversas pesquisas na área de gestão da produção, ferramentas computacionais já estão disponíveis no mercado para simular todo o processo produtivo do começo ao fim. Estes programas utilizam os conceitos desenvolvidos na metodologia de Produção Enxuta, associados a modelos matemáticos e uma interface de “conversa” com o usuário. Assim, tais *softwares* permitem a identificação e análise de problemas, além de testar propostas de solução, alternativas e até realizar previsões, tornando-se um forte aliado de projetistas e administradores na tomada de decisão nos mais variados setores, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1 – Áreas de aplicação da simulação

Adaptado de Vieira (2006)

Do ponto de vista financeiro é muito mais vantajoso utilizar testes computacionais no sistema produtivo do que testá-los fisicamente. Isso se deve ao fato de que a implementação de novos projetos ou alterações na linha de produção consumirão recursos como horas máquina, horas homem, materiais, além do investimento financeiro. Por isso, a simulação computadorizada torna-se uma vantagem, uma vez que permite o teste de alternativas antes de aplicá-las, comprovando ou não os benefícios de um futuro investimento (VIEIRA, 2006).

Apesar do termo simulação ser comum e muito usado após a popularização de computadores pessoais, Vieira (2006) afirma que já era citado em pesquisas na década de setenta por autores como Schriber (1974) e Shannon (1975). O primeiro define simulação como uma representação de um sistema real, que apresente as mesmas respostas que o seu original teria após uma sucessão de eventos. O segundo autor afirmou que este pode ser associado com representação computacional digital. Para Shannon (1975), a definição da simulação computacional já era a mesma da atual: um programa de computador capaz de simular o comportamento das variáveis que o sistema real apresentaria caso fosse exposto as mesmas condições.

Conforme disponível na base de dados Scopus¹, com a busca limitada às palavras chaves “*software*”, “*simulation*”, “*industrial*” e “*process*” na área da engenharia, os primeiros documentos começaram a ser publicados em 1976, tendo como ápice de volume de publicação o ano de 2013, como mostrado na Figura 2².



Figura 2 – Gráfico de quantidade de documentos publicados na área de simulação de processos industriais de acordo com os anos de publicação em caráter mundial.

Fonte: Adaptado de Scopus (2016)

Ao fazer uma análise regional dos dados, nota-se o Brasil como o décimo segundo país que mais publicou sobre o tema selecionado, enfatizando a importância do assunto no cenário nacional, conforme ilustrado na Figura 3.

¹ Scopus: Ferramenta de busca de artigos, livros e outras publicações científicas disponível na internet.

² As Figuras que não possuem fontes, considera-se autoria própria

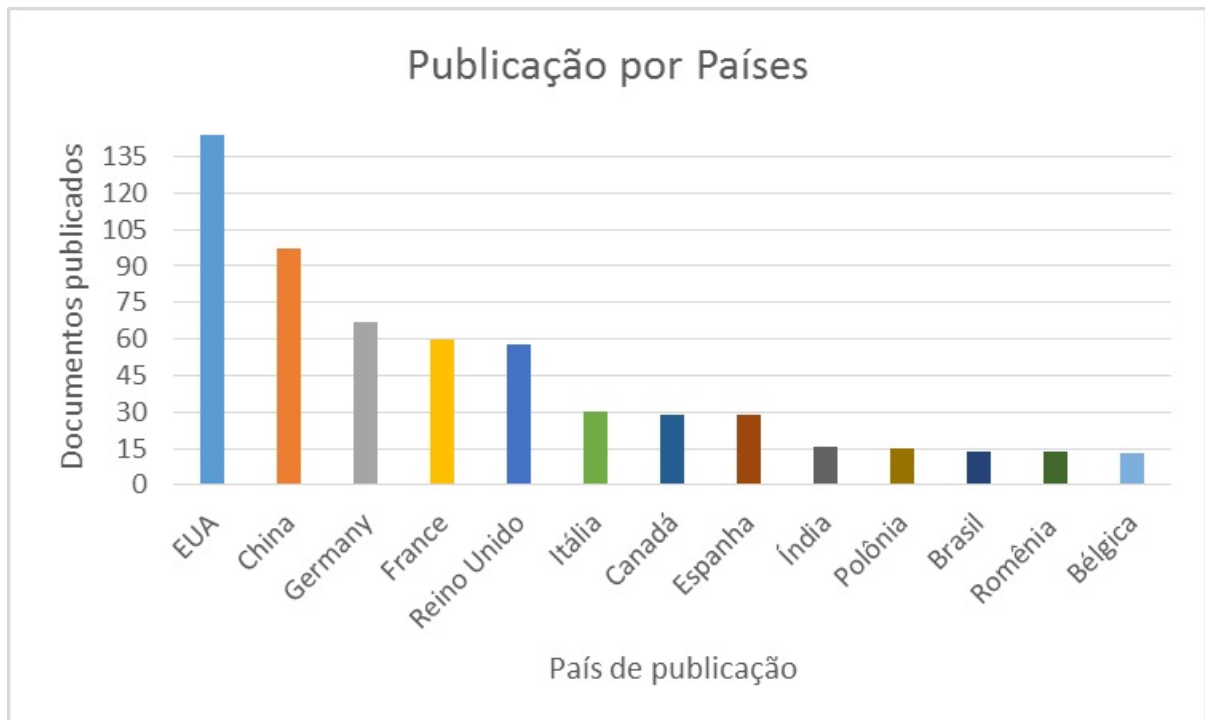


Figura 3 – Número de documentos publicados por país, nos anos de 1976 a 2016

Fonte: Adaptado de Scopus (2016)

Para finalizar esta primeira análise do cenário nacional, nota-se que o Brasil está publicando sobre o tema desde o início da década de 90 até os dias atuais, conforme ilustrado na Figura 4.



Figura 4 – Documentos publicados no Brasil ao decorrer dos anos

Fonte: Adaptado de Scopus (2016)

Já em meio universitário, a simulação é de grande valia para formar profissionais que saibam usar as ferramentas necessárias para sua atuação no mercado de trabalho, além de auxiliar na aprendizagem. Conforme De Souza e Dandolini (2009), as atividades de simulação são benéficas e estimulam a criatividade, pois geram interações do aluno com atividades práticas e exemplos reais de sua futura atuação profissional. Isso cria motivação no aprendizado, uma vez que o computador dá a sensação de realismo na atividade. Ainda segundo os autores, construir e simular um modelo segue o mesmo princípio em que o conhecimento científico é criado, seguindo as etapas de: hipóteses, observação e planejamento, experimentação e formação ou comprovações de leis e teorias.

1.2 Caracterização do Problema

Ao realizar uma busca inicial de materiais disponíveis sobre *softwares* de simulação industrial e de processos, pode-se perceber que, em sua maioria, os trabalhos são feitos descrevendo a aplicação de apenas um programa, geralmente em um estudo de caso.

Conforme Vieira (2006) cita em seu trabalho, alguns dos programas disponíveis nessa área atualmente são: “ARENA (*Rockwell software Automation Inc.*), AutoMod (*Autosimulations*), Extend (*Imagine That*), GPSS H (*Wolverine*), Micro Saint (*Micro Analysis & Design*), ProModel (*ProModel Corporation*), SIMPLE++ (AESOP), Simscript

II.5 e MODSIM III (CACI *Products Company*), TAYLOR lib, VisSim (*Visual Solutions*), dentre outros”. Porém, até a presente data, não foi encontrada uma pesquisa que fizesse um levantamento simultâneo de:

- Quais os programas disponíveis no mercado;
- Comparar a utilização de cada um deles em diferentes meios (industrial, acadêmico e universitário).

1.3 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral realizar um levantamento de dados que proporcione uma base para quem pretende iniciar o uso ou implementar algum *software* de simulação.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Compreender os programas de simulação;
- Levantar os programas disponíveis;
- Avaliar quais são os mais usados em cada meio, isto é, na literatura acadêmica, nas disciplinas universitárias e nas indústrias.

1.4 Justificativa

Abaixo serão apresentadas as justificativas deste trabalho em três diferentes áreas de relevância: contribuição na formação acadêmica dos autores, industrial e para instituições de ensino.

1.4.1 Contribuição Acadêmica

No texto “*Porque o engenheiro mecânico precisa de conhecimentos de administração de empresas*”, da Silva Neto, da Silva e da Silva (2002) afirmam que o mercado de trabalho vem exigindo destes profissionais cada vez mais conhecimentos multidisciplinares. Isto é, o engenheiro deve ter as características necessárias para atuar em diversas áreas, incluindo o gerenciamento de indústrias, projetos e pesquisas.

Percebe-se que o engenheiro deve sempre estar atento ao projetar algum produto. Deve-se pensar em sua facilidade de fabricação, agilidade na produção, atender as demandas do mercado, entre outros aspectos que envolvem a gestão da produção.

Existe ainda o potencial de esta pesquisa ser usada como apoio para selecionar e implementar estas ferramentas em cursos de gestão da UTFPR e, com a possibilidade

de inauguração de um curso de Engenharia de Produção, auxiliar na escolha de materiais didáticos para elaboração de tal curso.

A elaboração desta pesquisa gera oportunidade de produção de um artigo, visto que não se encontra nada no segmento já publicado.

1.4.2 Contribuição para a Indústria

Por se tratar de um levantamento de dados e comparações, o presente trabalho pretende deixar uma contribuição para a indústria. Mostrando as diferentes aplicabilidades e a comercialidade de cada *software*, este servirá de apoio no momento de selecionar um programa adequado de simulação

1.4.3 Contribuição Pessoal

O trabalho também constitui uma oportunidade de aprimoramento para os autores, de entrar em contato com o meio de pesquisas acadêmicas, aprofundar os conhecimentos de simulação industrial e processos, além de tomar conhecimento das tendências mais atuais do mercado nesta área, de grande importância para o profissional de engenharia.

2 REVISÃO DA LITERATURA

No presente capítulo são apresentados os conceitos fundamentais para um melhor entendimento do tema estudado no presente trabalho.

É apresentada a Manufatura Enxuta e sua contextualização histórica dentro do surgimento no Sistema Toyota de Produção. A partir disso, pretende-se chegar nos dias atuais com a criação de ferramentas para simulação industrial computadorizada e sua função nesse novo sistema produtivo.

2.1 O Sistema de Manufatura Enxuta

Desde o seu surgimento nas fábricas japonesas da Toyota até sua popularização atual, este sistema de produção é chamado de vários nomes, que podem ser considerados sinônimos. Alguns deles são: Sistema Toyota de Produção (STP), *Lean Manufacturing*, ou traduzindo, Manufatura Enxuta, Ohnismo, entre outras. Para evitar o uso de diversas nomenclaturas, esta será tratada apenas como Manufatura Enxuta neste texto.

Esse sistema de controle da produção tem como princípio chave a redução, e quando possível, eliminação máxima de desperdícios. Estes não se referem apenas a investimentos e materiais, mas também de tempo e pessoas.

2.1.1 A História da Manufatura Enxuta

A Toyota foi criada no ano de 1918, produzindo inicialmente máquinas para a indústria têxtil. Em 1937, foi inaugurada a Toyota Motors, como aposta na prosperidade do mercado automobilístico, inicialmente produzindo caminhões e, após a II Guerra, automóveis. Em virtude do pequeno mercado japonês da época e as consequências causadas pela Guerra, a empresa percebeu que o sistema Ford de produção em massa não seria benéfico. Buscou-se então, como alternativa, produzir lotes pequenos com diversidade e personificação dos modelos. Assim, surgiu a Manufatura Enxuta, com início em 1945 e levando cerca de 25 anos para ser estruturada em sua forma atual. Este tipo de produção costuma ser alvo de muitos estudos e implementações de novas melhorias até hoje (ANDERE, 2012; FERRO, 1990).

O principal responsável pela idealização deste sistema foi Taiichi Ohno, apoiado principalmente por Eiji Toyoda e Singeo Shingo. Segundo Ohno (1997), o presidente da companhia na época (pós Segunda Guerra Mundial) esperava que a indústria japonesa alcançasse a americana em até três anos, caso contrário, a indústria automobilística

local não sobreviveria. Por isso, ao ouvir que os trabalhadores americanos rendiam muito mais do que os japoneses, começou a se questionar o que precisava mudar.

“Por certo os japoneses estavam desperdiçando alguma coisa. Se pudéssemos eliminar o desperdício, a produtividade deveria decuplicar. Foi esta a ideia que marcou o início do atual Sistema de Produção Toyota” (OHNO, 1997, p. 25).

2.1.2 Principais Conceitos da Manufatura Enxuta

A Manufatura Enxuta em sua essência pode parecer simples, reduzir ao máximo os desperdícios. Mas para ser implementado com efetividade a atenção aos detalhes é importante, pois este sistema implica em mudanças de valores, atitudes, filosofia e técnicas de produção. Estes pontos podem apresentar resistências internas ao novo sistema e uma tendência de retorno ao padrão anterior (FERRO, 1990).

A essência do sistema produtivo está em três conceitos que se apoiam mutuamente, apresentados na Figura 5. São eles o *Just in time* (JIT), *Kaizen* e eliminação de desperdícios.

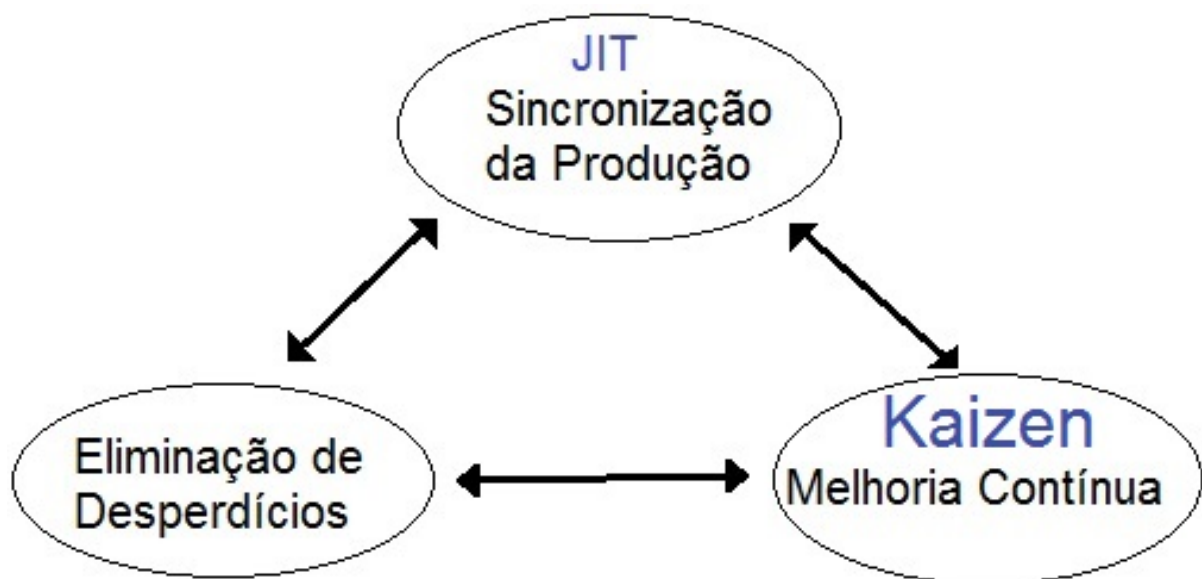


Figura 5 – As bases da Manufatura Enxuta

Ferro (1990)

Just-in-time, ou JIT, traduzindo do inglês, significa “no tempo certo” e é o centro deste sistema. Isto quer dizer que cada processo será abastecido com os itens adequados, na quantidade exata requerida e no momento em que ele for necessário (SHINGO, 1996).

A montagem final é vista como o ponto inicial da produção e o próprio sistema se balanceia, quando operador vai até o processo anterior e pega o que for necessário,

caracterizando assim, um sistema de produção puxada, onde a demanda gera produção. Isso reduz a necessidade de estoques, pois apenas é produzido o que está sendo consumido, tornando os problemas na linha de produção totalmente aparentes. Se uma peça está em falta, a linha de produção não poderá continuar sem ela, obrigando a resolução rápida e eficaz do problema (ANDERE, 2012).

Kaizen é o princípio da melhoria contínua tanto na produtividade quanto na qualidade. Segundo Andere (2012), Kaizen é uma filosofia que pretende estimular a cultura de continuidade das melhorias. Para ele, uma grande mudança exige um grande esforço que, depois de atingido, tende a voltar ao estado anterior. Se a empresa busca sempre ir além da melhora já atingida, o que foi obtido não irá regredir.

A **eliminação de desperdícios** não se refere apenas a investimentos financeiros e material. Para Ohno (1997), existem seis categorias de desperdícios listados na Figura 6 a seguir.



Figura 6 – Tipos de desperdícios existentes segundo Ohno

Ohno (1997)

Todos eles devem ser eliminados. Ferro (1990) usa como exemplos a superprodução e a movimentação desnecessária. O primeiro é um erro considerado desperdício, pois cria estoques desnecessários, espaço físico sendo ocupado, custos, burocracia e a necessidade de pessoal para controle. O segundo erro é um desperdício porque, “andar não é sinônimo de trabalhar”.

Nota-se que este sistema produtivo possui três conceitos básicos que focam na máxima otimização possível de todos os recursos disponíveis sejam eles humanos, financeiros, maquinário ou tempo. Apesar de esses conceitos parecerem simples, eles representam grandes mudanças na cultura, filosofia e atitudes da empresa e podem apresentar resistência interna em sua aplicação. O sucesso em implantar essa técnica pode gerar uma produção eficiente e que trará benefícios tanto para empregador quanto para os empregados.

2.2 Softwares de Simulação de Eventos Discretos

Nesta seção serão apresentadas as características gerais da simulação, passando para o assunto de simulação industrial, ilustrado por um exemplo básico utilizando o *software* ARENA. Então, será fornecida uma metodologia de aplicação geral para uso de simulação e apresentadas as vantagens e desvantagens de seu uso.

2.2.1 Características Gerais e Definição

Qualquer projeto a ser realizado em uma empresa terá a necessidade de recursos materiais, pessoais e financeiros, implicando em investimentos consideráveis. Antes de se implantar um projeto novo, toda organização espera que este traga um retorno maior do que o investimento feito. Além disso, seguindo os conceitos de Manufatura Enxuta detalhados anteriormente, deve-se ter em mente a redução máxima de desperdícios. Portanto, o teste de novos projetos ou mudanças de *layout* diretamente no chão de fábrica não é mais uma alternativa viável.

Para avaliar se as propostas serão viáveis e trarão os benefícios desejados, sem criar desperdícios, são utilizadas ferramentas computacionais de simulação. Com elas é possível modelar e então simular o processo atual, testar alternativas e comparar com a situação inicial, tendo uma visão preliminar da aplicabilidade do novo projeto (VIEIRA, 2006).

Uma das definições para simulação é dada por Pegden (1990), “simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”. Já uma definição mais atual, citada por Schappo (2006), diz que a simulação computacional usa técnicas matemáticas, aplicadas por computadores, para imitar o funcionamento de operações ou processos do mundo real. Ou seja, a simulação computacional serve para prever o efeito que determinadas ações trarão para o sistema e, assim, auxiliar na tomada de decisão.

Alguns exemplos de simulação, já usados pelos autores, em áreas diferentes:

- Com o *software Ansys*, simular um túnel de vento em um ônibus. Propor uma melhoria no design do veículo e comprovar, com nova simulação, se a mudança diminuiu o atrito com o ar, gerando economia de combustível.
- Modelar, no *ABAQUS*, uma viga engastada e simular os efeitos de diferentes forças na extremidade livre da barra. Retirar dados importantes como tensões máximas ou verificar se houve falha.
- Selecionar os materiais e processos de fabricação através do *software CES EduPack* de acordo com as propriedades desejadas para o produto. Então,

usando o mesmo programa, simular os impactos ambientais da produção do modelo.

- A partir de dados empíricos de procedimentos industriais, realizar a modelagem do sistema produtivo no *software ARENA*, onde é possível encontrar dados como o tempo de espera de cada lote de peças, o tempo de espera total, formação de filas e quantidades de itens produzidos após um período de trabalho.

Isto demonstra como é possível usar estas ferramentas computacionais para se ter uma previsão, com boa confiabilidade de testes que na prática seriam caros, tornando-os financeiramente acessíveis.

2.2.2 *Softwares* para Simulação Industrial

Conforme discutido anteriormente, estes programas irão modelar um sistema descrevendo o comportamento do mesmo. Para este caso, o sistema será uma linha de produção industrial em que, geralmente, busca-se obter:

- Fluxo adequado (contínuo) dos materiais dentro da planta de trabalho;
- Otimização de *layout*;
- Alocação adequada de recursos (operadores e máquinas).

Segundo Schappo (2006), com estas ferramentas é possível avaliar “quaisquer alterações tais como a automatização, ampliação, trocas de equipamentos, modificações de *layout*, tempos de ciclo, quantidade de recursos alocados e dentre estes se pode citar máquinas e mão de obra”. Isto se aplica a diversos meios, como os de produção, administração, transporte, prestação de serviço, entre outros.

Para ilustrar um procedimento de simulação, utilizou-se o *software ARENA*, citado no item anterior para a realização de um exemplo.

Na Figura 7 encontra-se a interface do *software*, versão 15.00.00001, com a licença estudantil.

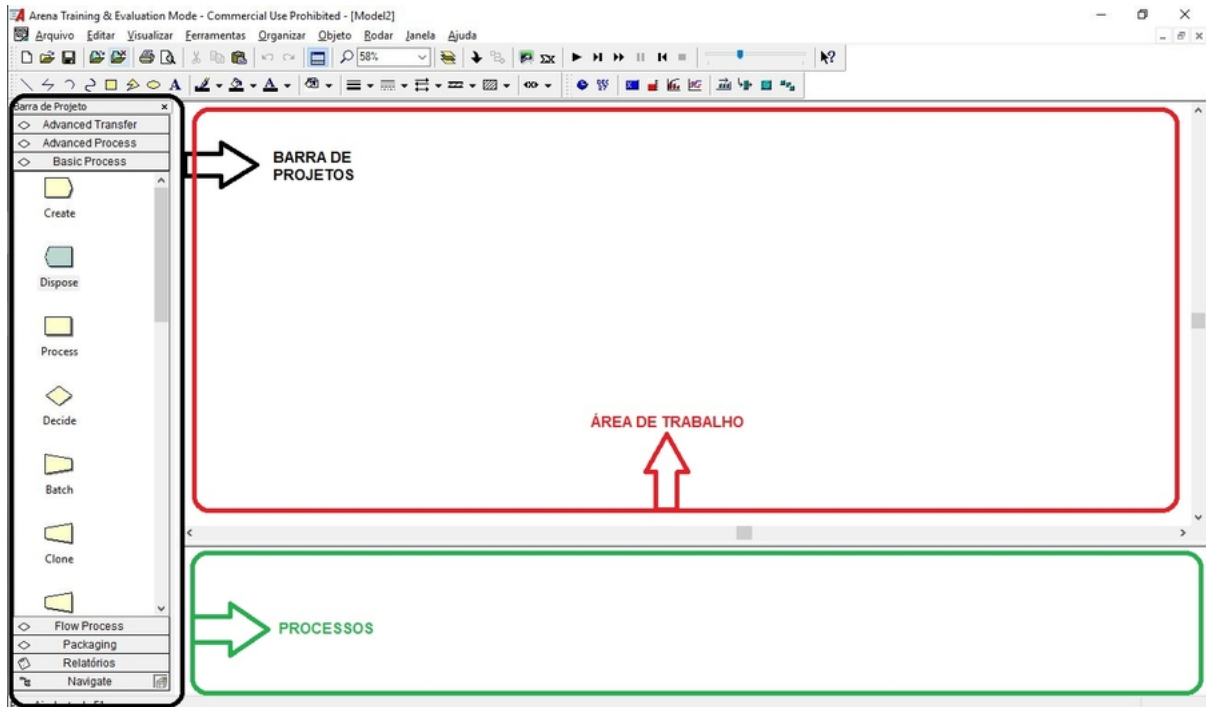


Figura 7 – Interface de conversa com o usuário do *software* ARENA

Será realizada uma simulação com uma entrada de material, dois postos de trabalho – limpeza e usinagem – e posterior saída.

Os dados utilizados neste exemplo serão:

- Entrada de material com lotes de 20 peças/hora;
- Tempo de limpeza por peça de 2 minutos;
- Tempo de usinagem de 5 minutos/peça;
- Tempo a ser simulado de 300 minutos (5 horas).

Com estas informações, modela-se a planta conforme a Figura 8.

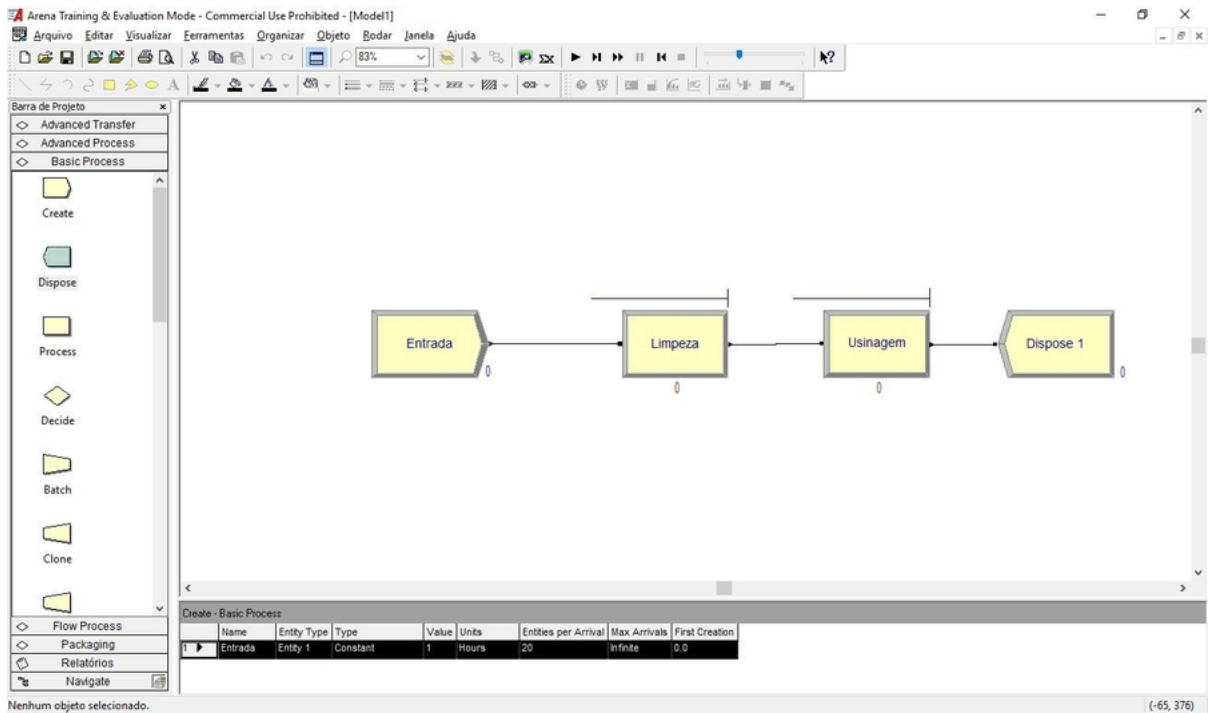


Figura 8 – Modelagem de uma planta com 2 estações de trabalho usando o ARENA

Após definição do tempo de trabalho, inicia-se a simulação, cujo resultado é visto na Figura 9.

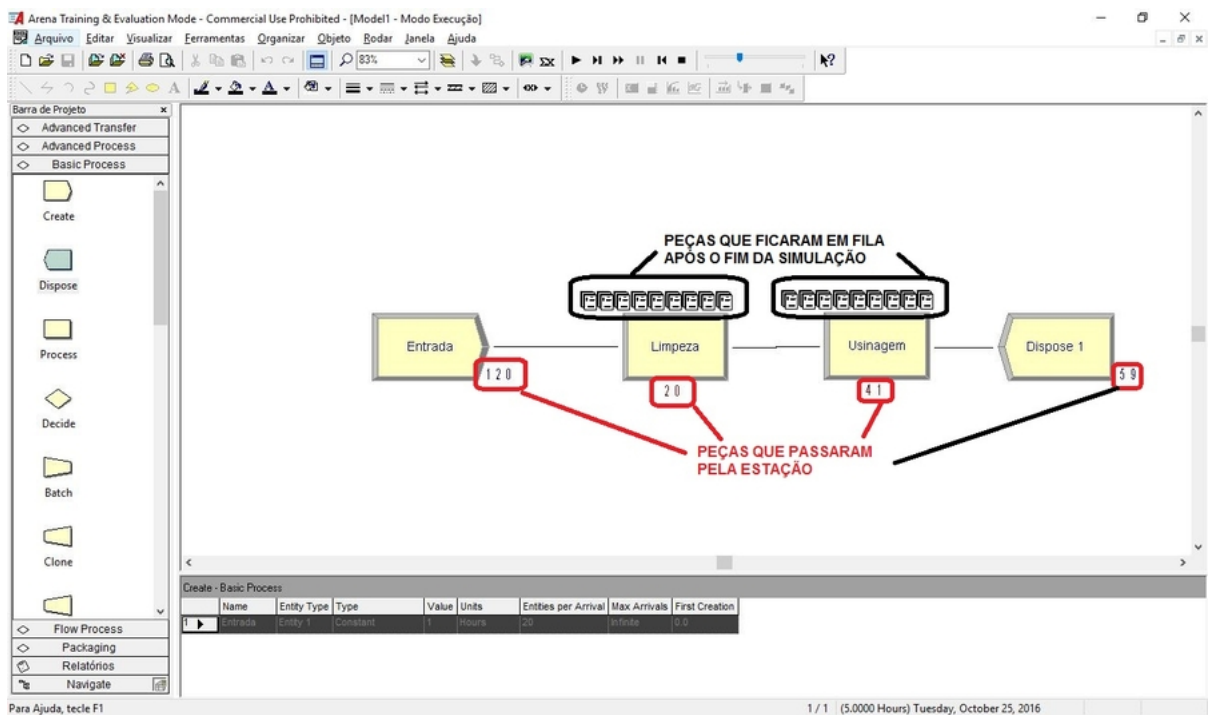


Figura 9 – Situação da planta no fim da simulação no ARENA.

Neste momento, a interface mostra a situação da linha após as 5 horas de trabalho simuladas e os primeiros dados já estão disponíveis visualmente.

Nota-se a entrada de 120 peças e a saída de 59. Ainda é bastante perceptível o acúmulo de peças no posto “usinagem”, visualmente o gargalo da linha de produção.

O ARENA também gera a opção de análise de outras variáveis como *VA Time* (tempo em que a peça passou em atividade de valor agregado), *Wait Time* (tempo em que cada peça passou na fila ou atraso) e *Total Time* (o tempo em que cada peça passou dentro do sistema), gerando além de números – mostrados na Figura 10– gráficos comparando as várias estações de trabalhos, presentes na Figura 11 (RABELO 2006).

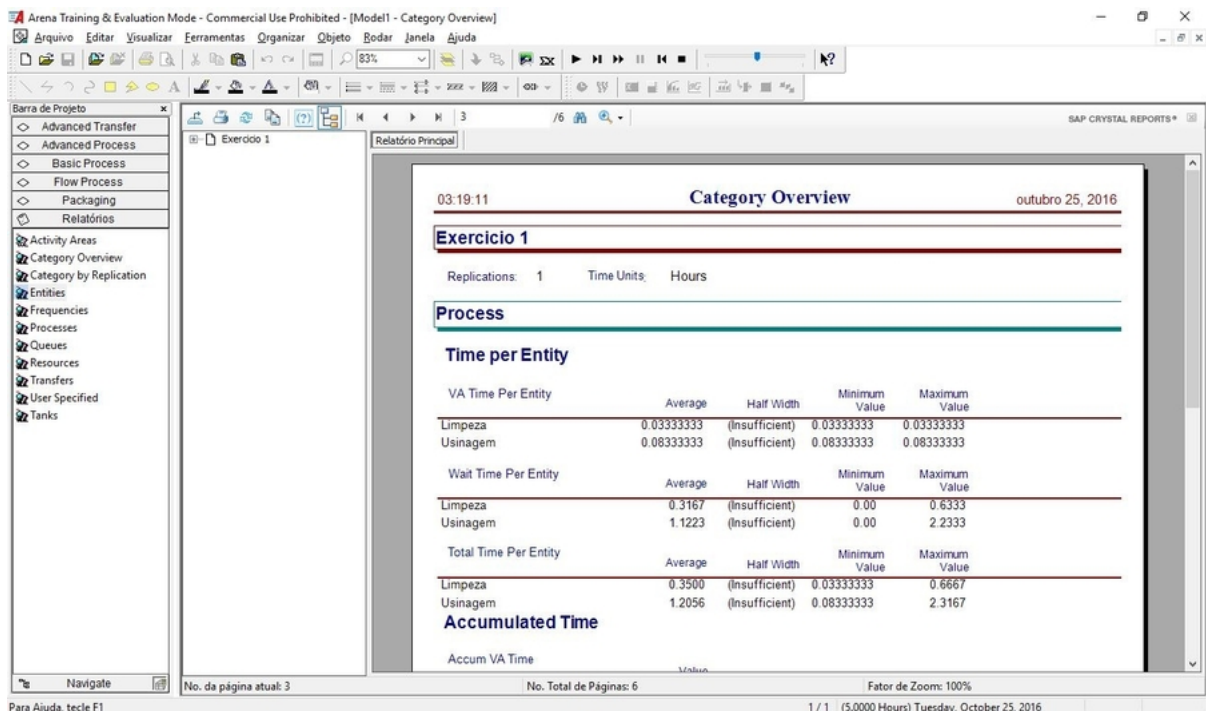


Figura 10 – Relatório de simulação no ARENA com resultados numéricos para o tempo na estação de trabalho

No caso do posto “usinagem”, cada peça permanece, em média, 1,2056 horas, sendo que o tempo real em que é agregado valor a ela corresponde a, aproximadamente, 6,9%. As outras 1,1223 horas da permanência da peça na estação é o tempo em que fica aguardando para ser trabalhada, aproximadamente 93,1% do tempo total.

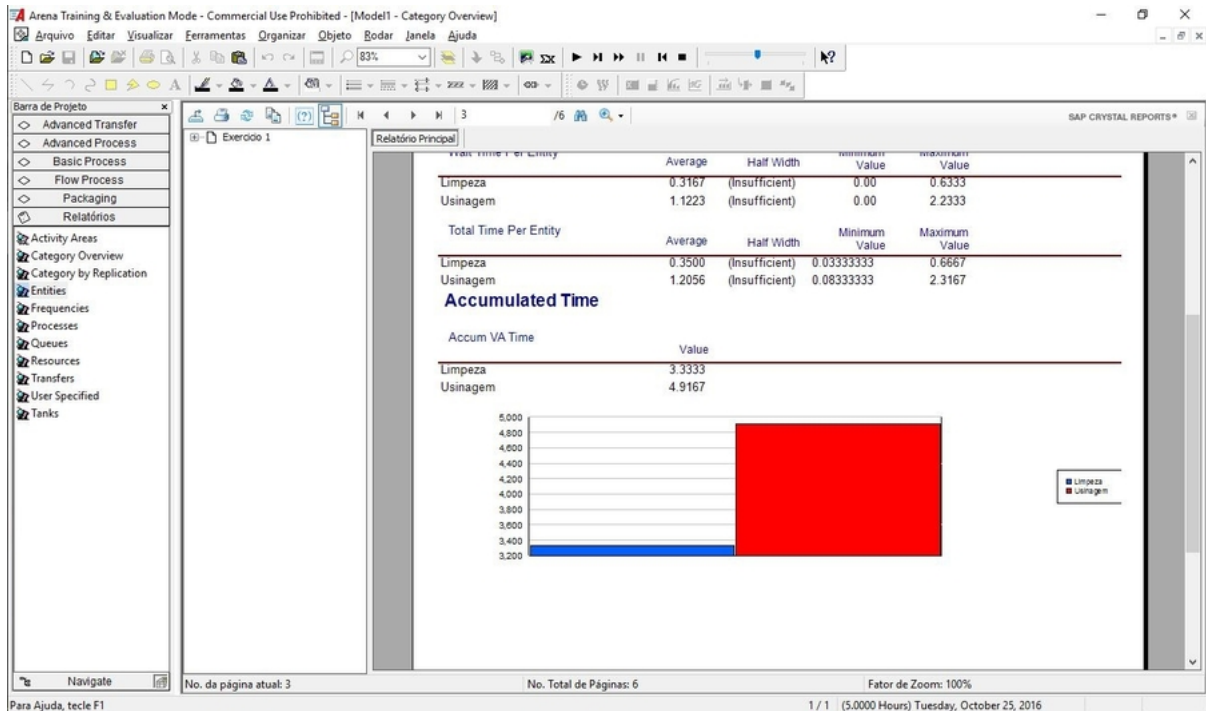


Figura 11 – Relatório de simulação no ARENA com resultados gráficos para o tempo acumulado nas estações de trabalho

Ainda, em uma análise final, são exibidos os dados de *Queue (fila)* como *Waiting Time* e *Number Waiting*, que representam os tempos de espera em fila e o número de peças que estão nesta fila, respectivamente expressados na Figura 12.

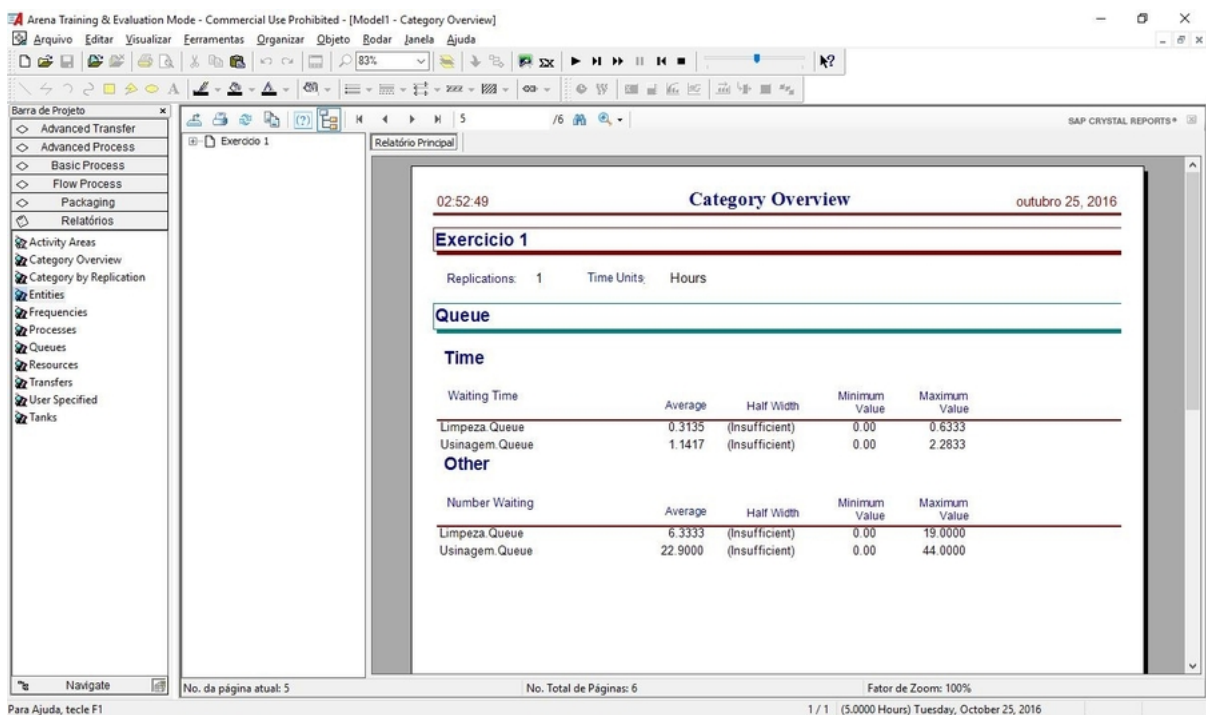


Figura 12 – Relatório de simulação no ARENA com resultados numéricos para o tempo de fila nas estações de trabalho

Ao fim do exemplo, obtêm-se vários dados necessários para identificação de desperdícios e defeitos na linha, direcionando o responsável ao problema chave, o qual deve ser melhorado para a otimização da linha de produção, utilizando os conceitos de Manufatura Enxuta.

Para a resolução deste exemplo, será aumentada a capacidade de recurso disponível no gargalo da linha. Para isto, muda-se as características do recurso usinagem para uma capacidade de trabalho, de um para dois tornos, conforme a Figura 13.

Resource - Basic Process

Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1 Bancada_R	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2 Torno_R	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Clicar no botão duas vezes aqui para adicionar nova linha.

Figura 13 – Aumento da capacidade do posto usinagem de um para dois tornos

Realiza-se uma nova simulação após a alteração e nota-se que o posto usinagem já não é mais o gargalo da linha e que todas as peças que passaram por ele foram entregues conforme o esperado. Ainda, percebe-se que somente um investimento em um torno não seria suficiente para esta linha entregar todas as peças prontas, pois com o acréscimo do maquinário, o posto da limpeza seria um novo gargalo. Os tempos e o número de peças em espera no posto de usinagem decaíram consideravelmente, de 1,1417 para 0,075 horas e de 22,9 para 1,5 peças. O procedimento da nova simulação está ilustrado na Figura 14, a seguir.

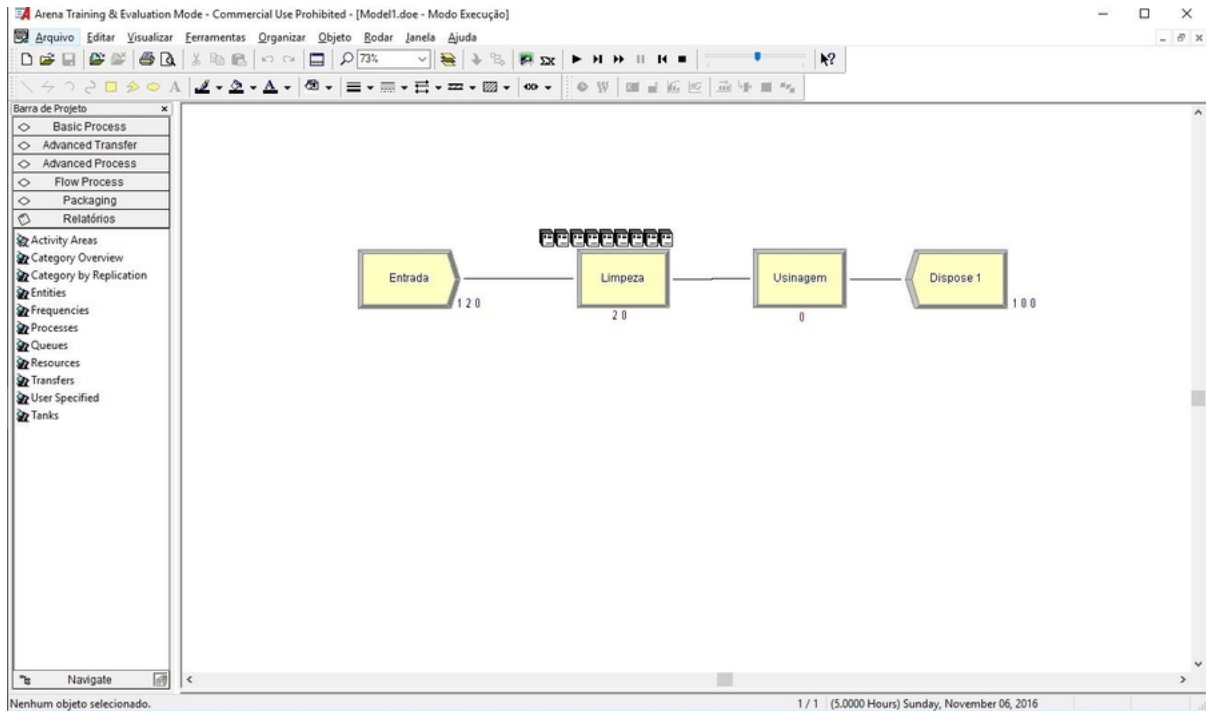


Figura 14 – Simulação após alteração de número de torno

Na Figura 15 é possível observar os resultados desta nova simulação com um torno a mais.

The screenshot shows the 'Category Overview' report for 'Exercicio 1' in Arena. The report includes the following data:

Time		Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Waiting Time					
Limpeza.Queue		0.3135	(Insufficient)	0.00	0.6333
Usinagem.Queue		0.07500000	(Insufficient)	0.00	0.1500
Other		Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Number Waiting					
Limpeza.Queue		6.3333	(Insufficient)	0.00	19.0000
Usinagem.Queue		1.5000	(Insufficient)	0.00	4.0000

The report also shows 'Replications: 1' and 'Time Units: Hours'. The bottom status bar indicates '1 / 1 (5.0000 Hours) Sunday, November 06, 2016'.

Figura 15 – Resultados da simulação após alteração de número de torno

Assim, nota-se a importância da simulação, e os resultados que pode-se obter mesmo com um simples exemplo. Esses resultados podem ser expandidos de acordo

com as dimensões da modelagem.

2.2.3 Classificação dos Modelos de Simulação Industrial

Para Schappo (2006), pode-se classificar os modelos em três tipos, de acordo com seu objetivo, conforme listado a baixo:

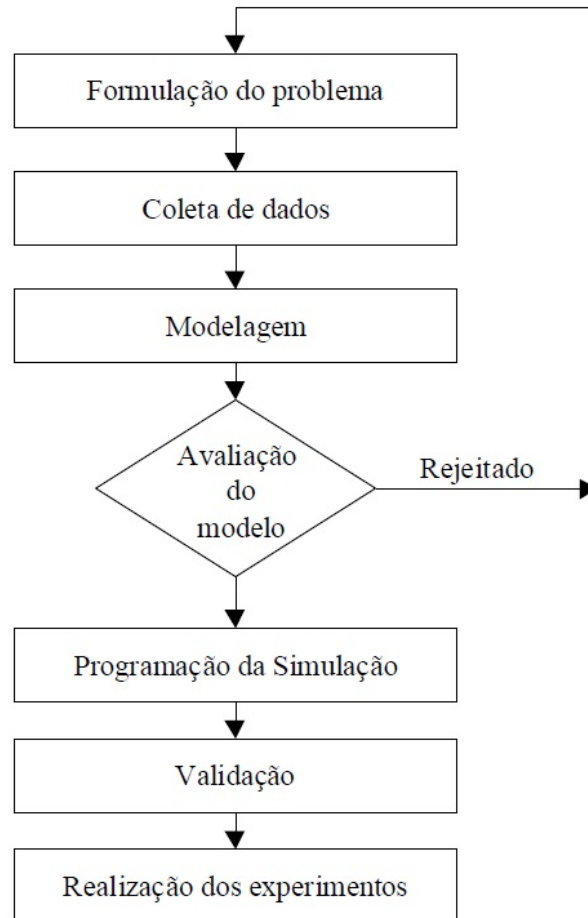
- Previsão: busca prever o comportamento futuro do sistema com base na modelagem do comportamento atual;
- Investigação: coletar dados sobre o comportamento atual do sistema;
- Comparação: testar mudanças para estimar a alteração no resultado final.

Isso pode ser observado no exemplo do Subitem 2.2.2, em um primeiro momento realizou-se a previsão de como o sistema trabalharia conforme os dados empíricos. Após, investigou-se os possíveis problemas na linha, identificando o posto Usinagem como o gargalo do sistema. Então, foi testado o uso de dois tornos ao invés de apenas um, comparando os resultados com a situação anterior. Por fim, foi possível perceber que trabalhando com dois tornos melhoraria o tempo de espera das peças, porém tornaria o posto Limpeza o novo gargalo.

A simulação pode ainda ser discreta ou contínua. Para Vieira (2006), a primeira usa funções probabilísticas governadas por uma quantidade determinada de eventos, separados no tempo. Esta tem capacidade de modelar sistemas mais complexos. Já a contínua, usa equações diferenciais para representar fluxos (processos contínuos), simulando bem os sistemas reais desde que os mesmos não sejam muito complexos.

2.2.4 Metodologia para Uso da Simulação

Para aplicar o uso de simulação na indústria, o profissional responsável deve seguir uma série de etapas, indicadas no fluxograma da Figura 16, que variam pouco de uma literatura para a outra.



**Figura 16 – Fluxograma apresentando as etapas do processo de simulação
Leal (2003)**

Na **formulação do problema** deve-se deixar claro os objetivos buscados pela análise assim como o nível de aprofundamento desta e os recursos disponíveis. Tal etapa pode ser modificada no decorrer do projeto.

A **coleta de dados** é a etapa de obtenção das informações disponíveis e necessárias para o projeto. A informação deve ser relevante ao processo, de fonte confiável e em quantidade suficiente para gerar um modelo adequado e robusto, diminuindo incertezas.

A **modelagem** é citada por vários autores como a etapa com maiores complicações em uma simulação. É preciso identificar os componentes do sistema, suas variáveis e as respectivas interações, tanto com variáveis internas ao sistema quanto com as externas.

Nesta fase existe a possibilidade de perceber que alguns dados levantados são irrelevantes e, que dados não coletados, precisarão ser buscados.

Durante a modelagem é aconselhável começar com modelos simples, que aos poucos serão incrementados até níveis mais complexos. Assim, é possível ganhar

tempo de trabalho e facilitar a etapa seguinte de avaliação, onde são corrigidos os erros encontrados.

Na **avaliação** é verificado se o modelo representa o sistema de forma correta e irá atender aos objetivos definidos durante a formulação do problema.

Programação: nesta etapa o modelo é transferido para o computador usando a linguagem do *software* escolhido.

Na **validação** o programa já deve estar sem erros e pronto para rodar. Aqui serão avaliados se os resultados apresentados pelo computador correspondem aos dados reais, obtidos para formular o modelo. Devido às simplificações feitas, os resultados nunca serão idênticos, mas deverá existir uma proximidade mínima definida no grau de confiabilidade do modelo. Se os resultados estiverem aceitavelmente próximos, o modelo está validado.

Projeto experimental: com o modelo validado e o programa sem erros no *software*, a simulação é feita para gerar as informações e submetê-las para análise e documentação.

Para realizar tal modelagem em um sistema de manufatura, segundo de Souza e Dandolini (2009), é necessário pensar em vários elementos como estações de trabalho, estoques entre elas, planejamento, organização e controle da produção (*mix* e quantidade de produtos) e dos trabalhadores (trocas de turno). Outros elementos importantes para produzir uma modelagem de sucesso de um sistema de produção é a precisão do modelo e o desenvolvimento de uma rotina para a produção rápida de relatórios e resultados para análise.

2.2.5 Vantagens e Desvantagens da Simulação

Vieira (2006) cita algumas das vantagens e desvantagens do uso desta ferramenta. Entra as vantagens, pode-se citar:

- Depois de criado o modelo computacional, este pode ser alterado para avaliar mais de um projeto e outras mudanças na empresa;
- Pode-se fazer uma projeção longa no tempo em poucos minutos de simulação;
- Facilita o estudo de variáveis controláveis e não-controláveis e suas respectivas influências no sistema;
- Torna possível a análise *what-if* (o que aconteceria se...), ou seja, testar possibilidades e compará-las com facilidade;
- Apoiar ou descartar decisões que antes eram embasadas em regras intuitivas.

Algumas desvantagens podem ser citadas:

- Um modelo bem produzido requer tempo e, com isso, custa caro;
- Requer um trabalho detalhado e criterioso ou a simulação não gera resultados confiáveis;
- Construir um bom modelo requer treinamento e o aprendizado que pode ser demorado.

Alguns exemplos de sucesso na aplicação de ferramentas de simulação na área de manufatura, encontrados no site da Belge Consultoria (2016), são:

Caso FIAT, conforme Enez (2016): *“Como resultado da simulação, houve uma redução média de 48% no WIP (Work in Progress – estoque em trabalho) da fábrica. A maior parte desta melhoria foi obtida através da aplicação de regras de programação, e o restante foi ganho com melhorias tecnológicas. Como resultado da melhoria, o custo de material foi reduzido na mesma proporção”* .

Caso Stihl, conforme Barronio (2016): *“... foram sugeridas melhorias nos lotes de transferência e de processamento que levaram a um aumento de 17% de produção diária, sem investimentos em equipamentos ou pessoas”* .

2.3 Análise Combinada

Esta seção busca fazer a união entre os dois conceitos abordados anteriormente, a Manufatura Enxuta e a simulação industrial, nas Seções 2.1 e 2.2 respectivamente.

Na Seção 2.1 foi possível perceber que toda a filosofia da Manufatura Enxuta gira em torno da eliminação máxima de desperdícios, tanto de material e financeiro quanto de tempo e alocação de recursos humanos. A simulação de modo geral surge como uma importante ferramenta na aplicação do conceito desenvolvido pelos japoneses. Com programas de computador é possível gerar modelos numéricos que representam um sistema real e descrevem o comportamento do mesmo. No caso da simulação industrial, o sistema é uma linha de produção.

A regra base de “eliminar desperdícios” usando a simulação se aplica quando, por exemplo, uma empresa decide testar um novo *layout* ou a implementação de uma nova máquina. Na prática, ela teria que parar a sua produção, alterar o posicionamento das máquinas, inserir a nova, voltar a produção com o novo *layout* e com o tempo ver se esta mudança gerou melhorias ou não. Além do tempo de produção gasto com as paradas, existe ainda o risco das mudanças não serem benéficas e a possibilidade de gerar grandes prejuízos. Com o uso da simulação, todos estes testes podem ser

feitos no computador em um tempo muito menor do que na prática e chegando a resultados preliminares que podem apoiar a decisão da mudança ou descartá-la.

Assim, é possível perceber que os *softwares* de simulação são frutos da filosofia da Manufatura Enxuta combinados com o avanço tecnológico da computação. Juntos criaram uma ferramenta preditiva que pode evitar os desperdícios e apoiar tomadas de decisão antes de fazerem grandes investimentos.

3 METODOLOGIA

O capítulo tem por finalidade explicar a metodologia utilizada tanto para pesquisa quanto para elaboração do projeto.

3.1 Descrição da Metodologia de Pesquisa

A análise em questão foi desenvolvida de acordo com a metodologia desenvolvida por Luna (1999), a qual é dividida em 9 etapas, sendo elas:

- 1) Formulação de um problema relevante - perguntas a serem respondidas;
- 2) Determinar informações necessárias para a resolução do problema e das perguntas;
- 3) Selecionar as melhores fontes para a resolução do problema;
- 4) Definir um conjunto de ações para obter informações pertinentes;
- 5) Selecionar um sistema para tratar as informações;
- 6) Usar um sistema para interpretar as informações;
- 7) Produzir respostas às perguntas formuladas;
- 8) Indicar o grau de confiabilidade das respostas;
- 9) Indicar o grau de generalidade dos resultados.

Este processo é ilustrado no fluxograma apresentado na Figura 17, que mostra de uma forma dinâmica a metodologia, começando no problema e chegando por fim no resultado.

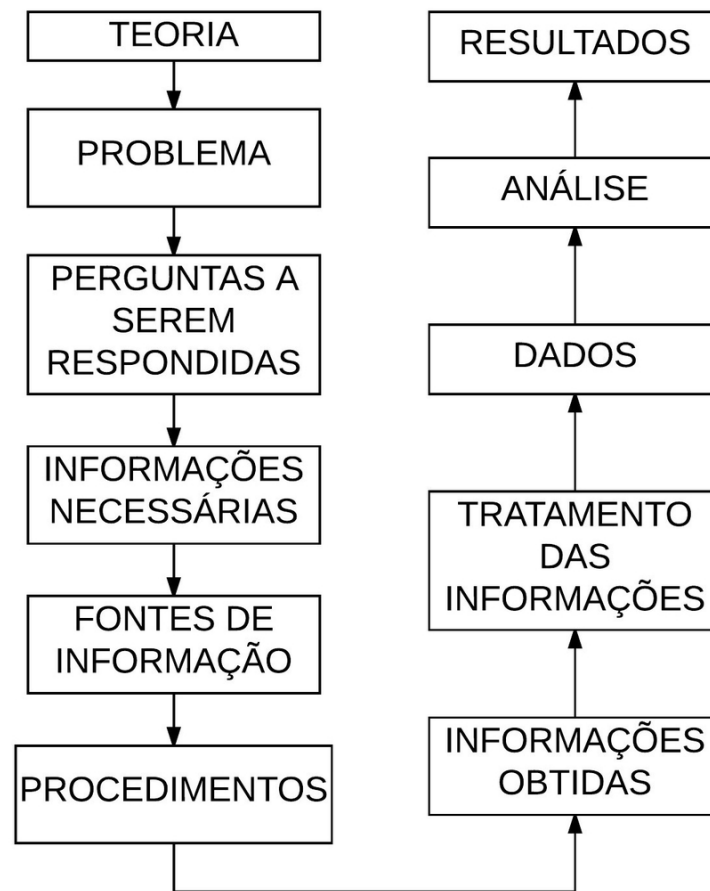


Figura 17 – Fluxograma da metodologia descrita por Luna para pesquisas de revisão bibliográfica

Adaptado de Luna (1999)

Ainda, a Figura 17 mostra uma divisão de tarefas. A proposta que foi apresentada na primeira etapa do Trabalho de Conclusão de Curso, TCC1, é expressa na coluna da esquerda, contemplando a parte dos Procedimentos referente ao planejamento. A fração restante dos Procedimentos, que está ligada à execução, une-se à coluna da direita, e define o que foi realizado na segunda parte deste presente Trabalho, como TCC 2.

Luna (1999) ainda exemplifica um modelo prático para obtenção das resoluções conforme a Figura 18, onde parte-se da pergunta, obtém-se as informações de acordo com suas fontes e por fim explicita a forma como foram obtidas as informações.

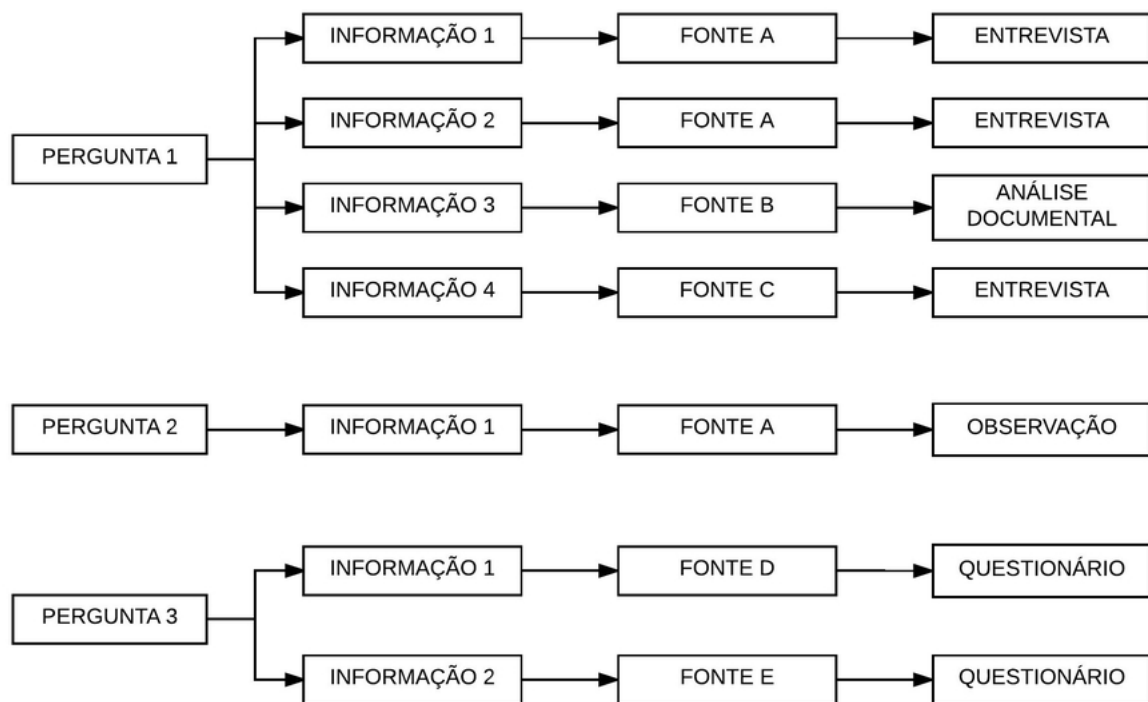


Figura 18 – Exemplo prático da metodologia aplicada por Luna

Adaptado de Luna (1999)

Por se tratar de um trabalho de pesquisa e compilação de dados, a metodologia sugerida por Luna é totalmente adaptável ao projeto, pois pôde ser aplicada tanto para o âmbito acadêmico quanto para o empresarial, visto que o levantamento de dados foi realizado através de diferentes modos.

3.2 Descrição da Metodologia de Execução

Utilizando a metodologia proposta por Luna (1999) para um trabalho de pesquisa, as etapas do projeto que englobam as áreas de Informações Necessárias, Fontes de Informações e Procedimentos, foram definidas conforme o fluxograma apresentado na Figura 19.

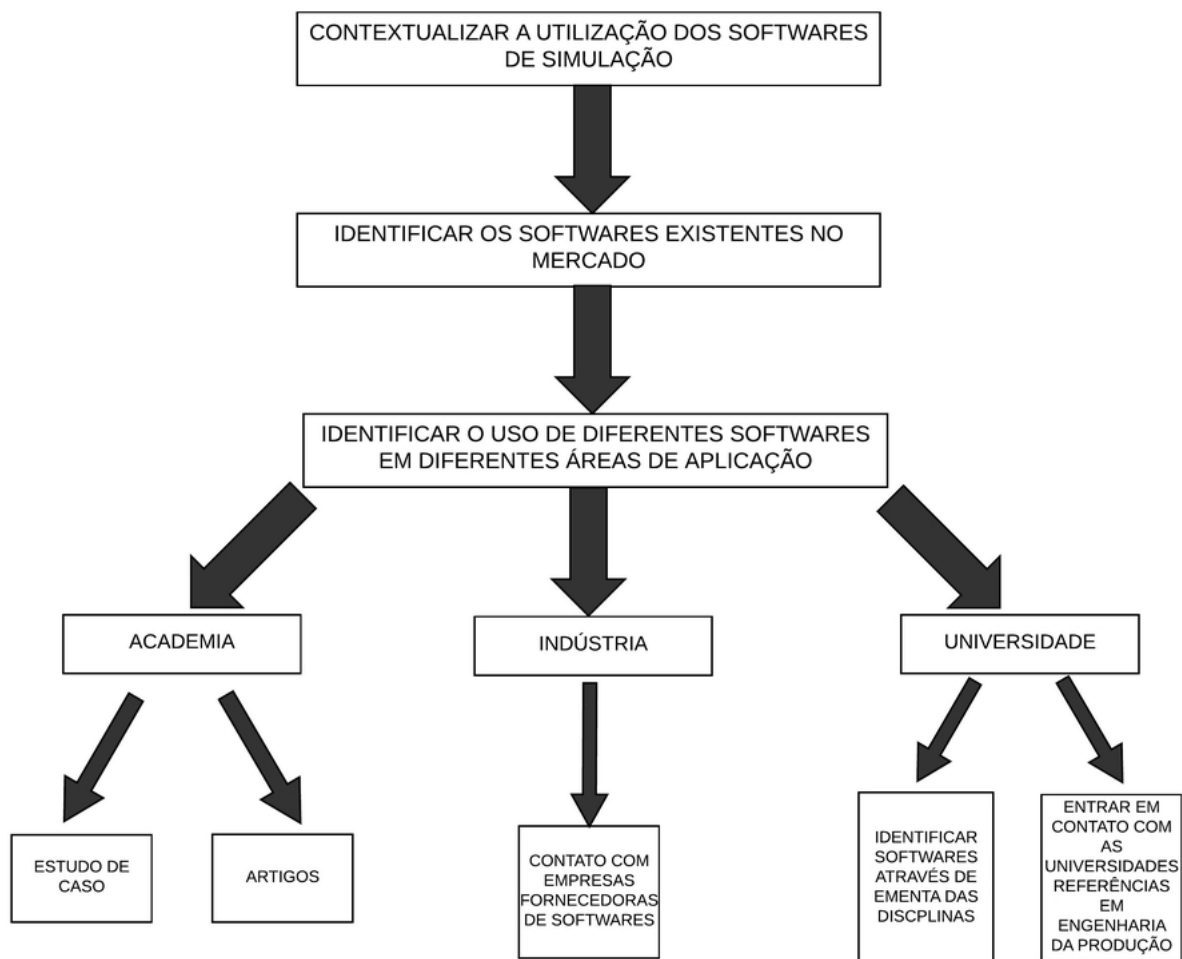


Figura 19 – Fluxograma das etapas de execução do projeto

Através da contextualização do problema, sabendo como e onde o *software* é utilizado, busca-se definir os programas que existem no mercado.

A partir das informações obtidas na etapa anterior, consegue-se definir o perfil de cada um dos sistemas estudados e, junto às informações obtidas no último passo do fluxograma, identificar qual *software* é mais utilizado dentro dos três âmbitos em análise, indústria, academia e universidade.

3.3 Produtos do Projeto

Como produto final, este trabalho propõe estabelecer uma análise entre a utilização dos *softwares*, com finalidade de embasar a escolha adequada para diferentes meios de aplicação e a possível produção de um artigo com os resultados obtidos.

4 ANÁLISE

Conforme abordado no capítulo anterior, procurando atender aos objetivos deste trabalho, ou seja, levantar alguns dos programas existentes no mercado, avaliar quais são os mais usados em cada uma das três áreas de aplicação escolhidas (universidades, academia e indústria). Foi definido na metodologia que neste capítulo iria se desenvolver a pesquisa propriamente dita, descrevendo o processo da coleta de dados em cada meio de aplicação.

Para seguir a metodologia proposta, o presente capítulo foi dividido em três seções principais, universidades, academia e indústria, para descrever os métodos de obtenção dos dados e apresentar os resultados obtidos.

4.1 Universidades

Nesta seção serão descritos os métodos para pesquisa de *softwares* dentro do meio universitário. Primeiro, trata-se da escolha de um critério para identificar as universidades-alvo da pesquisa. Em seguida o meio de obtenção das informações bem como os resultados obtidos e uma breve conclusão sobre os dados.

4.1.1 Critério para Seleção de Universidades Pesquisadas

Para a escolha de quais universidades fariam parte da pesquisa, foi preciso definir um critério de seleção. Optou-se por estudar os dez melhores cursos de Engenharia da Produção do país. Para esta análise, utilizou-se um compilado de notas levantadas pelo *Ranking* Universitário da Folha do ano de 2016 (RUF 2016), seguindo os critérios expressos na Figura 20.

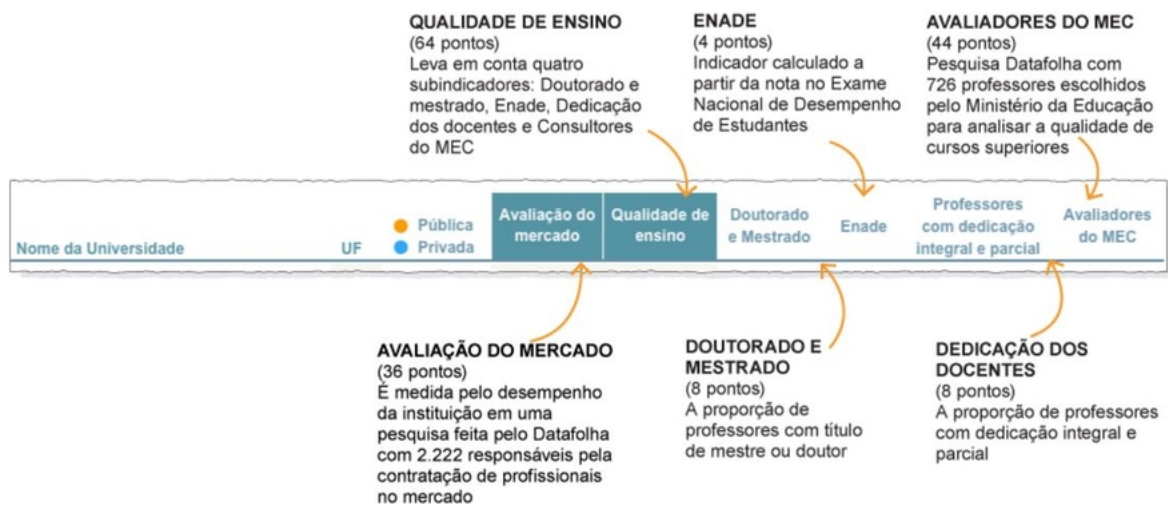


Figura 20 – Critérios adotados para execução do *Ranking* Universitário da Folha
Ranking Universitário da Folha (2016)

Este critério foi considerado completo, uma vez que além da avaliação do MEC (Ministério da Educação), que possui um peso referente à 26,5% do índice, leva-se em consideração parâmetros como qualidade de ensino, com o maior peso para a lista (39%), avaliação do mercado, com 22%, dedicação dos docentes, a proporção dos professores que possuem o título de doutorado e mestrado, ambos com 5% e ENADE (Exame Nacional de Desempenho de Estudantes) com 2,5% da nota final.

Por exemplo, a UFRJ apesar de possuir pontuação mais baixa que a USP na avaliação do MEC, possui um total de 160,33 pontos enquanto a USP (com nota máxima do MEC) soma 155,9 ficando em segundo lugar.

Assim, tem-se o *Ranking* completo conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Dez primeiras Universidades, segundo o Ranking Universitário da Folha de 2016, no curso de Engenharia da Produção.

Posição no país	Nome da instituição	UF	Pública ou privada	Qualidade de ensino	Avaliadores do MEC	Avaliação de mercado	Dedicação dos docentes	Doutorado e mestrado
1º	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	RJ	Pública	62,36	42,43	35,61	8,00	7,93
2º	Universidade de São Paulo (USP)	SP	Pública	59,95	44,00	36,00	8,00	7,95
3º	Universidade de Santa Catarina (UFSC)	SC	Pública	61,97	42,43	32,48	8,00	7,70
4º	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	SP	Pública	56,99	37,71	35,61	8,00	7,97
5º	Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)	SP	Pública	59,04	39,29	32,48	8,00	7,88

Posição no país	Nome da instituição	UF	Pública ou privada	Qualidade de ensino	Avaliadores do MEC	Avaliação de mercado	Dedicação dos docentes	Doutorado e mestrado
6º	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	MG	Pública	55,88	36,14	35,61	8,00	7,92
7º	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	RS	Pública	55,87	36,14	35,61	8,00	7,83
8º	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)	SP	Pública	48,67	33,00	32,48	4,76	7,90
9º	Centro Universitário da Fundação Educacional Inaciana Pe Sabóia de Medeiros (FEI)	SP	Privada	44,92	33,00	35,61	1,26	7,40
10º	Universidade Federal do Paraná	PR	Pública	47,54	28,29	32,48	8,00	7,50

Ranking Universitário da Folha (2016)

4.1.2 Contato Com as Universidades Seleccionadas

Após a definição das instituições mais bem conceituadas, prosseguiu-se para identificação dos *softwares* utilizados nestas como ferramenta de ensino e pesquisa acadêmica. Conforme proposto na metodologia do Capítulo 3, inicialmente foi realizada uma consulta nas grades curriculares das disciplinas de Engenharia da Produção, buscando na ementa - plano de aula - referências à simulação industrial. Todas as universidades apresentavam um método computacional para esta finalidade, porém poucas discriminavam qual *software* em específico usavam.

Em um segundo momento, procurou-se o contato direto via telefone e *e-mail* com docentes responsáveis pelas disciplinas relacionadas à aplicação da ferramenta.

Seguindo a ordem decrescente do RUF, obteve-se os seguintes resultados:

- 1) Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ): A universidade não disponibiliza o *software* utilizado em seus planos de aula. Assim, buscou-se o contato direto com o coordenador de curso, Prof. Dr. Lino Guimarães Marujo. Segundo ele, os *softwares* **ARENA**, **ProModel** e **Simul8** não são mais utilizados devido às restrições encontradas pelo uso de versões acadêmicas. Atualmente a UFRJ usa modelos de pesquisa com fins didáticos nas linguagens de programação **Python**, **R** e planilhas eletrônicas com auxílio do **VBA** (*Visual Basic for Applications*). Segundo o coordenador, a escolha é justificada por ser de fácil acesso, fácil aprendizado e possuir código aberto. Estas informações estão disponíveis no Anexo A.
- 2) Universidade de São Paulo (USP): Após não encontrar nas ementas das disciplinas o nome dos programas escolhidos pela universidade, o professor Dr. Daniel Capaldo Amaral, coordenador foi contactado. Este nos indicou o professor Dr. Whalter Azzolini, que atua mais nas disciplinas de simulação. Segundo ele, os *softwares* utilizados pela USP são o **ARENA** e o **Plant Simulation**.
- 3) Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC): Igual ao ocorrido com as anteriores, não estava disponível o nome do *software* utilizado nas ementas. O contato com o coordenador, Prof. Dr. Carlos Ernani Fries, conforme o anexo C, trouxe a informação que o *software* **ARENA** é amplamente utilizado no curso. Também, um dos docentes usa o **Simio**.
- 4) Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP): Em consulta à ementa do curso de Engenharia de Produção, foi encontrada na disciplina Simulação de Sistemas o uso do *software* **ARENA**. O programa da disciplina pode ser encontrado no anexo D.
- 5) Universidade Federal de São Carlos (UFSCar): Após não encontrar a informação almejada nas ementas, foi tentado o contato com a coordenação, membros do corpo docente e discente. A resposta foi obtida através da aluna Livia Olivio de Souza Ribeiro, cursando o 9º período de Engenharia de Produção. Segundo ela, os *softwares* usados na disciplina Simulação de Sistemas são o **ARENA** e **FlexSim**. Ela ainda comenta que existe um grupo extracurricular chamado Simucad que trabalha muito com este tema e utiliza, além dos dois já citados, os programas **AutoCAD (Autodesk)**, **FactoryCAD (UGS Siemens)**, **FactoryPlan (UGS Siemens)** e **Game Engines**.

- 6) Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG): Entrando em contato com o professor Dr. Paulo Andery via mensagem de texto, este nos informou que sabe apenas da utilização do **ARENA**. A conversa encontra-se no Anexo F.
- 7) Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS): Outra instituição que apresentou o nome dos *software* diretamente na ementa, sendo este o **ProModel**. A descrição da disciplina Projeto de Fábrica e *Layout* encontra-se no anexo G.
- 8) Universidade Estadual Paulista (UNESP): Após não encontrar especificação de *software* no plano de ensino, o coordenador de curso, Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza, foi contactado. Este afirmou o uso do **ProModel** tanto para graduação quanto para pesquisas acadêmicas. Conforme explícito no anexo H.
- 9) Centro Universitário da Fundação Educacional Inaciana (FEI): Em um primeiro momento, o *software* usado não estava disponível na ementa. Em contato direto com o Professor Dr. Alexandre Augusto Massote, responsável por ministrar aulas na área de simulação, foi identificado o uso do **ProModel** tanto para a disciplina específica de simulação, quanto para projetos e apoio em outras matérias ao longo do curso. O professor comentou que o *software* **Plant Simulation** é usado em pesquisas acadêmicas. Ainda, há uma pesquisa em andamento utilizando o **Anylogic**. Aguarda-se o resultado desta pesquisa para uma possível inserção nos cursos. O contato com o professor está registrado no anexo I.
- 10) Universidade Federal do Paraná (UFPR): Encontra-se na ementa da disciplina Programação da Produção II a utilização do *software* **ARENA**. A mesma está no anexo J.

Sintetizando os dados encontrados, a Tabela 2 foi gerada mostrando qual programa é usado em cada uma das universidades.

Tabela 2 – Resultado dos *softwares* de simulação industrial usados em cada uma das universidades presente no *ranking* dos dez melhores cursos de Engenharia da Produção, segundo o RUF.

Universidade	Posição no ranking	Software utilizado
UFRJ	1º	Programação em Python, R e VBA (Excel)
USP	2º	ARENA, Plant Simulation
UFSC	3º	ARENA, Simio
UNICAMP	4º	ARENA
UFSCar	5º	ARENA, FlexSim
UFMG	6º	ARENA
UFRGS	7º	ProModel
UNESP	8º	ProModel
FEI	9º	ProModel
UFPR	10º	ARENA

É possível notar que o ARENA foi citado seis vezes, seguido pelo ProModel usado em três universidades e os outros *softwares* apenas uma vez em cada instituição.

Em seguida, a Tabela 3 mostra as fontes e métodos de obtenção das informações apresentadas pela tabela anterior.

Tabela 3 – Tabela sintética das fontes de informação.

Universidade	Posição no ranking	Fonte de informação	Método de obtenção da informação
UFRJ	1°	Coordenador de curso	Conversa por telefone e confirmação do <i>software</i> por e-mail
USP	2°	Professor responsável por disciplinas de simulação	Conversa por telefone
UFSC	3°	Coordenador de curso	Conversa por telefone e confirmação do <i>software</i> por e-mail
UNICAMP	4°	Ementa	Ementa obtida através da internet
UFSCar	5°	Discente cursando 9° período de Engenharia da Produção	Conversa por telefone e confirmação do <i>software</i> por e-mail
UFMG	6°	Docente da instituição	Conversa via mensagem de texto
UFRGS	7°	Ementa	Ementa obtida através da internet
UNESP	8°	Coordenador de curso	Conversa por telefone e confirmação do <i>software</i> por e-mail
FEI	9°	Professor responsável por disciplinas de simulação	Conversa por telefone e confirmação do <i>software</i> por e-mail
UFPR	10°	Ementa	Ementa obtida através da internet

Ambas as tabelas apresentam os dados descritos em texto corrido de como as informações foram obtidas bem como o método usado para contato e a fonte.

4.1.3 Conclusão

É possível observar que seis das dez universidades do ranking foram consultadas diretamente por telefone, seguido de uma confirmação por *e-mail* do *software* citado durante a ligação, para oficializar o contato por algumas delas. Em três universidades foi possível encontrar a informação diretamente na página da *web* do curso, acessando os arquivos de ementa de cada disciplina. Em apenas um dos casos a informação foi obtida através do contato com uma aluna do curso, também seguido de confirmação via *e-mail*. Em outro caso, a conversa foi por meio de mensagem com um docente da UFMG.

A partir destas informações, é possível perceber que o ARENA é o programa mais usado, sendo citado seis vezes, seguido pelo ProModel (citado três vezes). Os

outros *softwares* foram citados apenas uma vez cada, conforme mostrado na Figura 21 a seguir.

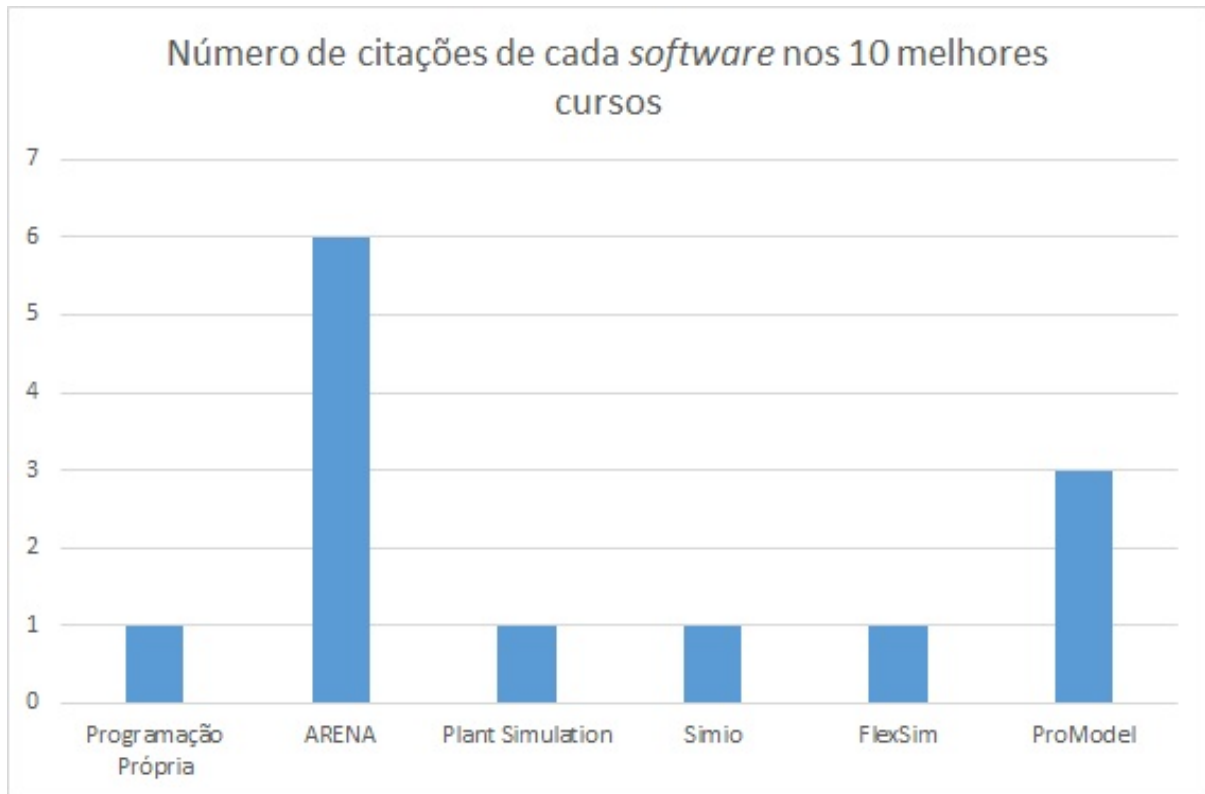


Figura 21 – Número de utilizações de cada *software* nos 10 melhores cursos de Engenharia da Produção do país, segundo o critério adotado.

4.2 Academia

Para analisar este tópico, realizou-se uma pesquisa em diferentes plataformas de buscas de artigos técnicos, sendo elas o Scopus, Web of Science e Google Scholar. As buscas foram realizadas de uma maneira padrão, utilizando o nome dos *softwares* mais citados até então.

Estas pesquisas foram feitas utilizando o ambiente de internet cedido pela UTFPR, no qual tem-se acesso às bases de dados acadêmicas.

4.2.1 Google Scholar

Utilizando palavras-chave “simulação”, “*software*” e “nome do *software*” padrão para cada um citado no tópico anterior e pesquisando apenas páginas em português, obteve-se a Tabela 4.

Tabela 4 – Quantidade de documentos encontrados no Google Scholar.

NOME DO SOFTWARE	QUANTIDADE DE DOCUMENTOS ENCONTRADOS - BRASIL
ARENA	3.790
Plant Simulation	70
Simio	12
FlexSim	78
ProModel	513

Fonte: Google Scholar (2017)

Nota-se uma quantidade de documentos relacionados ao *software* ARENA muito maior que os outros. Comparando os resultados, as citações ao ARENA são, aproximadamente: 50 vezes mais que o Plant Simulation, 316 vezes mais que o Simio, 49 vezes mais que o FlexSim e 7 vezes mais que o ProModel. A Figura 22 ilustra a quantidade informada na Tabela 4.

RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO GOOGLE SCHOLAR

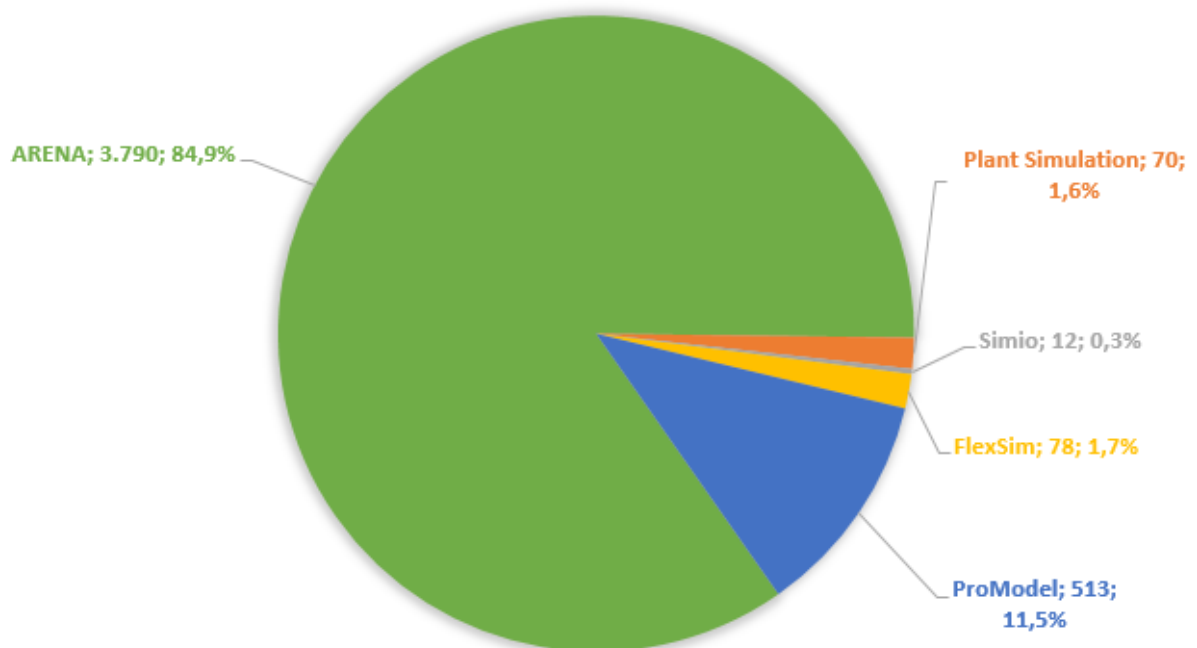


Figura 22 – Resultados absolutos e porcentagem relativa dos dados encontrados através da plataforma Google Scholar

Por trazer o maior número de resultados na pesquisa, além dos filtros previamente utilizados, foi adicionada a restrição de materiais publicados a partir de 2013, visando estudar a dinâmica da utilização dos *softwares* de acordo com o tempo. Para isto, obteve-se a Tabela 5.

Tabela 5 – Quantidade de documentos encontrados no Google Scholar a partir de 2013.

NOME DO SOFTWARE	QUANTIDADE DE DOCUMENTOS ENCONTRADOS - BRASIL
ARENA	1.430
Plant Simulation	28
Simio	9
FlexSim	54
ProModel	140

Fonte: Google Scholar (2017)

Em termos relativos e análogo ao que já foi realizado no início desta sessão, tem-se a Figura 23 mostrando esses valores.

RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO GOOGLE SCHOLAR A PARTIR DE 2013

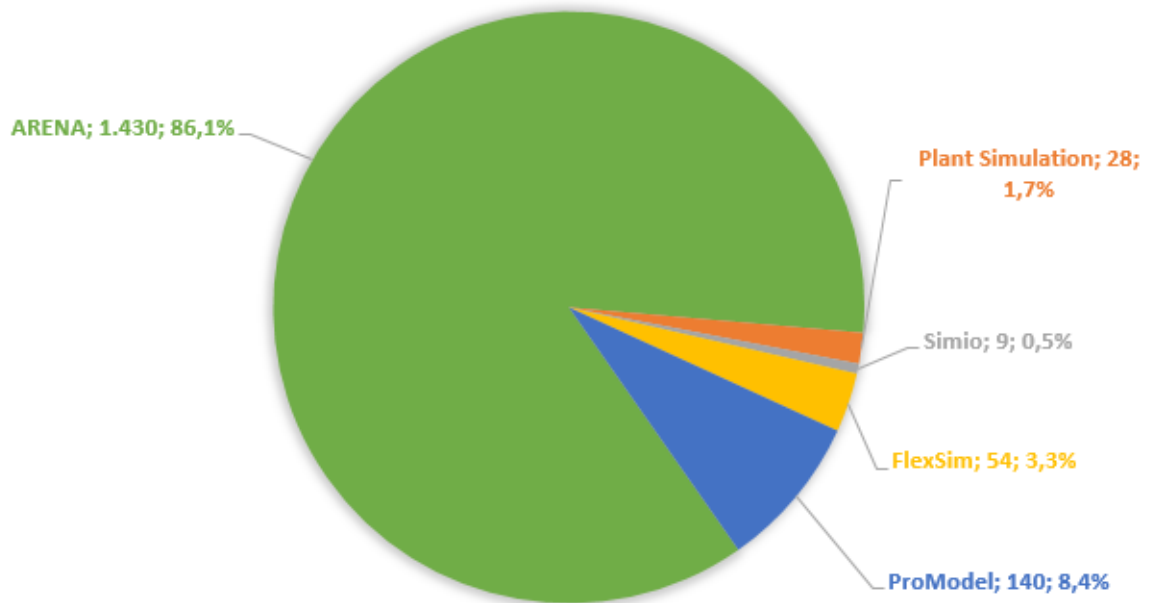


Figura 23 – Resultados absolutos e percentagem relativa dos dados encontrados através da plataforma Google Scholar a partir de 2013.

Nota-se que não houve uma alteração brusca nos dados relativos quando compara-se as duas formas de pesquisa.

4.2.2 Scopus

O banco de dados desta plataforma de pesquisa é voltado para documentos publicados ao redor de todo mundo. Diferentemente da plataforma Google Scholar, os documentos brasileiros, ou em português, são restritos. Assim, para a pesquisa, foram utilizadas as palavras-chave “*simulation*”, “*software X*”. A Tabela 6 expressa os resultados obtidos.

Tabela 6 – Quantidade de documentos encontrados no Scopus no geral e documentos brasileiros

NOME DO SOFTWARE	QUANTIDADE DE DOCUMENTOS ENCONTRADOS - MUNDO	QUANTIDADE DE DOCUMENTOS ENCONTRADOS - BRASIL
ARENA	66	3
Plant Simulation	5	0
Simio	5	1
FlexSim	18	0
ProModel	5	0

Fonte: Scopus (2017)

Novamente o *software* ARENA foi o que mais trouxe resultados à pesquisa, tanto no âmbito mundial, quanto no nacional. Nesta plataforma de pesquisa, o ARENA foi aproximadamente 13 vezes mais citado que o Plant Simulation, Simio e ProModel. Já em relação ao FlexSim, foi citado aproximadamente 3,7 vezes mais. No cenário nacional, o ARENA apresentou o triplo de citações do único outro *software* a aparecer na lista, o Simio - com apenas uma citação.

A Figura 24 apresenta um comparativo absoluto e relativo em formato gráfico dos dados compilados na Tabela 6 em caráter mundial.

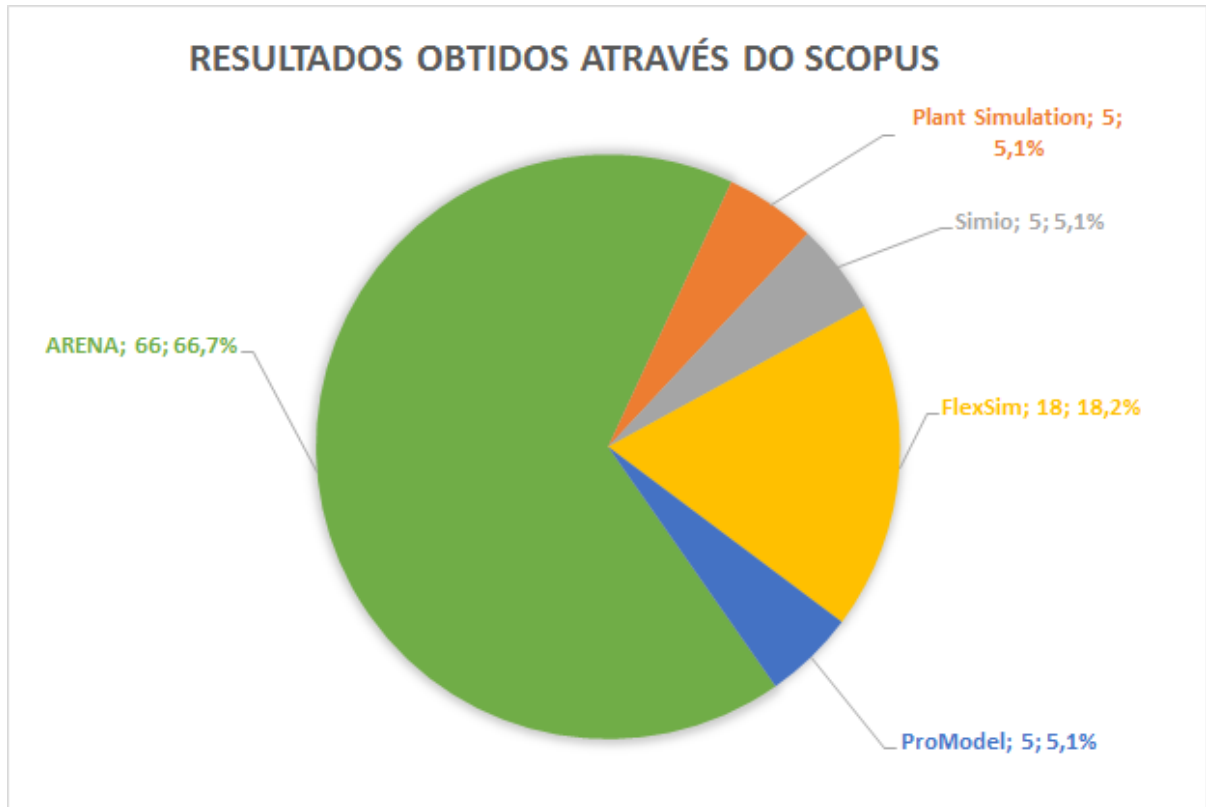


Figura 24 – Resultados absolutos e porcentagem relativa dos dados encontrados através da plataforma Scopus mundialmente

4.2.3 Web of Science

Esta base de dados compila documentos, principalmente, internacionais. Assim como nos outros casos de plataformas internacionais, foram utilizados as palavras-chave “*simulation*” e “*software X*”. Assim, compilando os dados de busca, foi elaborada a Tabela 7.

Tabela 7 – Quantidade de documentos encontrados na base Web of Science no geral e documentos brasileiros

NOME DO SOFTWARE	QUANTIDADE DE DOCUMENTOS ENCONTRADOS - MUNDO	QUANTIDADE DE DOCUMENTOS ENCONTRADOS - BRASIL
ARENA	35	2
Plant Simulation	6	0
Simio	4	1
FlexSim	7	0
ProModel	3	0

Fonte: Web of Science (2017)

Seguindo a mesma linha das outras plataformas de busca, o Web of Science retornou resultado análogo na primeira posição, sendo ele o ARENA. FlexSim é o segundo software com mais publicações, seguido de perto do Plant Simulation. Esta plataforma de pesquisa destoa, principalmente do Google Scholar, em relação ao software ProModel que é o menos citado.

Vale salientar também, que em cenário nacional apenas dois *softwares* tiveram citação, ARENA - com duas citações - e Simio, com uma. A Figura 25 mostra a dimensão desses valores absoluta e relativamente.

RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO *WEB OF SCIENCE*

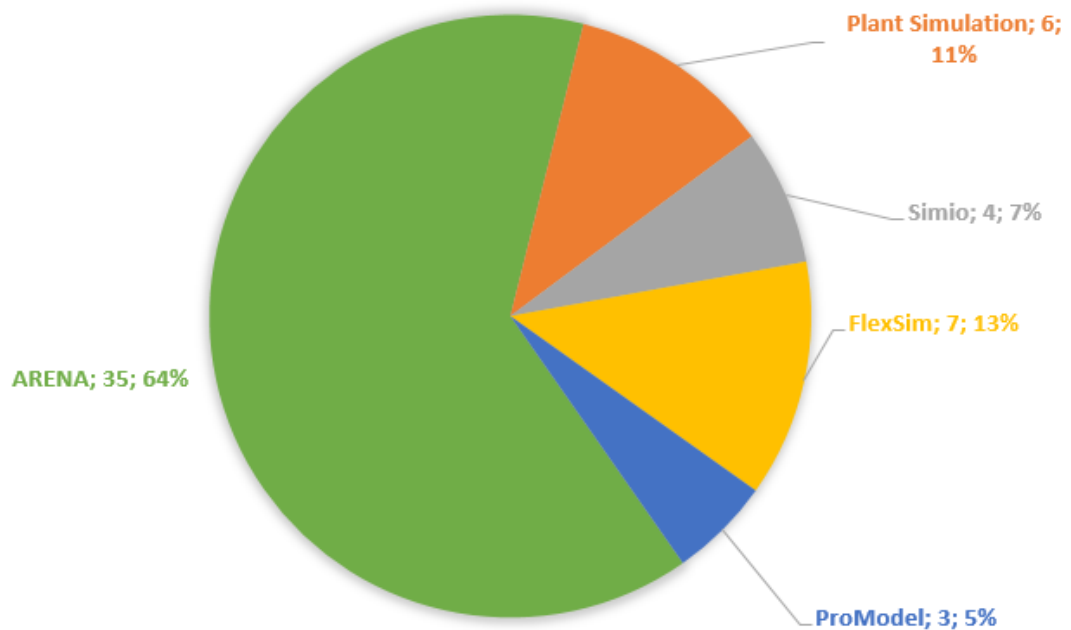


Figura 25 – Resultados absolutos e percentagem relativa dos dados encontrados através da plataforma Web of Science mundialmente.

4.2.4 Conclusão

A partir dos dados levantados, percebe-se que o *software* ARENA é, no ramo acadêmico, o mais citado entre os concorrentes com uma grande margem de vantagem. Em duas das três plataformas utilizadas para pesquisa acadêmica, o FlexSim foi o segundo colocado no número de resposta à pesquisa, porém no Google Scholar a segunda posição foi ocupada, com grande margem de diferença, pelo ProModel. Os *softwares* Plant Simulation e Simio foram os menos relevantes em números de pesquisas.

A Figura 26 demonstra, no mesmo formato utilizado durante esta seção, os números finais. Somaram-se os valores absolutos dos números de pesquisas nas três plataformas utilizadas.

RESULTADOS GERAIS OBTIDOS

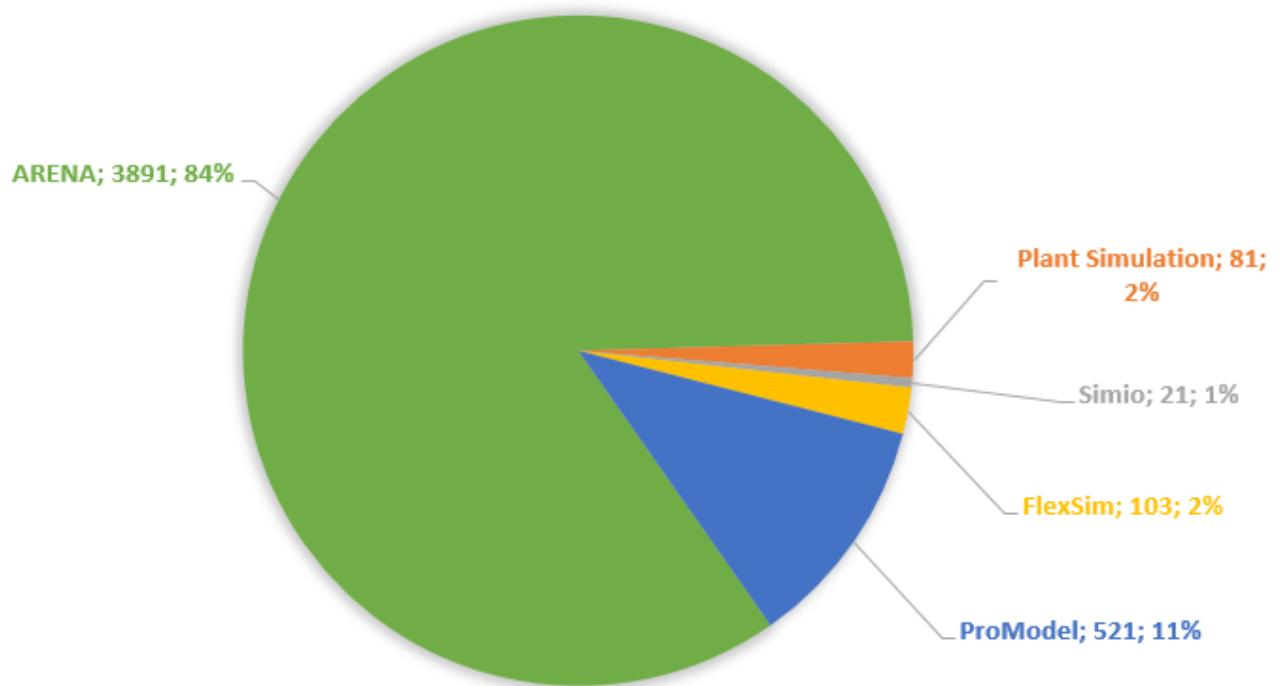


Figura 26 – Resultados absolutos e porcentagem relativa da soma dos dados encontrados através das plataformas de pesquisas.

Portanto, o *software* que mais possui citação dentre artigos acadêmicos é o ARENA. Em segundo lugar o ProModel, em terceiro o FlexSim, seguido de perto pelo Plant Simulation na quarta posição e fechando a lista o Simio. Os valores mais detalhados do gráfico estão expressos na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados somados das pesquisas em todas as plataformas

POSIÇÃO	NOME DO SOFTWARE	QUANTIDADE DE DOCUMENTOS ENCONTRADOS	PERCENTUAL DO TOTAL
1º	ARENA	3.891	84,276%
2º	ProModel	521	11,284%
3º	FlexSim	103	2,231%
4º	Plant Simulation	81	1,754%
5º	Simio	21	0,455%

4.3 Indústria

Para analisar a utilização dos *softwares* de simulação na indústria, entrou-se em contato com as empresas representantes dos *softwares* mais citados até então - ARENA, FlexSim e ProModel.

4.3.1 FlexSim

O contato com a FlexSim se deu diretamente com o consultor de vendas Michael Machado, que é indicado pelo site da FlexSim Brasil, como mostrado na Figura 27.

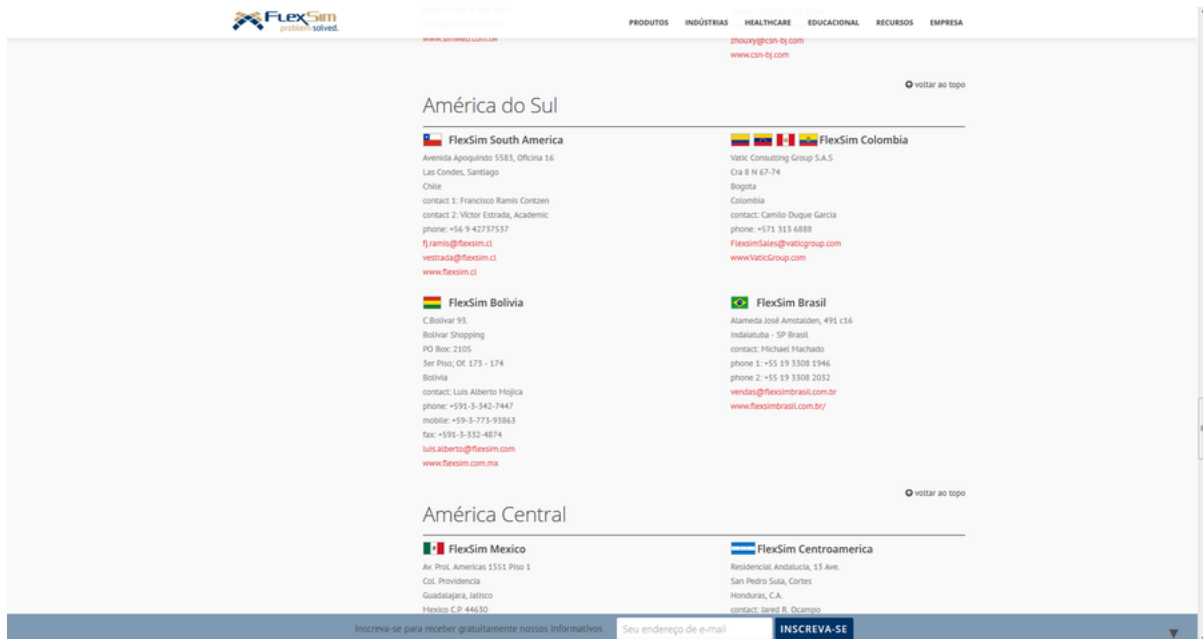


Figura 27 – Interface da área de contato dos representantes da FlexSim Brasil.

Fonte: <https://www.flexsim.com/pt/contact/> , Acesso em 05/05/2017

Quando perguntado sobre a importância do *software* na indústria, Machado afirma que o FlexSim é o que tem o maior crescimento nos últimos anos, dentro do mercado nacional. Além disso, são descritas diversas funções em que o FlexSim difere-se de seus concorrentes diretos - ARENA e ProModel -, como:

- Simulação contínua: utiliza uma biblioteca *FloWork*, que quando comparada à outros *softwares* de simulação utiliza, aproximadamente, 34 vezes menos necessidade de contas para simulação. Esta ferramenta trabalha basicamente com erro zero, tanto temporal quanto em valores enquanto os concorrentes estão na casa de 2%;
- Recursos para Indústria 4.0;
- Realidade virtual: a empresa desenvolve óculos para a realidade virtual, onde quem utiliza-o possui uma noção 3D de todo o equipamento simulado;
- Biblioteca para simular e estudar indicadores de ergonomia, tanto no padrão europeu quanto no americano;
- Biblioteca para simular consumo de energia.

Ainda conforme Machado, estas características são o diferencial da empresa que a fizeram entrar no mercado em grandes potências nacionais, como a Coca-Cola e a Ambev, que após análise dos três *softwares* optaram pelo FlexSim. A VALE também

fez um estudo de mercado, comparando-o com o ARENA, porém escolhendo o FlexSim devido a riqueza e a robustez de detalhes do modelo apresentado.

Além das empresas supra citadas, Michael destaca contratos recentes com outras grandes empresas, como DHL, John&Deere e Tetrapack.

O FlexSim está no mercado brasileiro desde 2013, 15 anos após seus principais concorrentes, e vem apresentado números de alto crescimento na indústria, conforme a Tabela 9.

Tabela 9 – Crescimento anual do *software* FlexSim na indústria de 2013 a 2017.

PERÍODO	CRESCIMENTO RELATIVO
2013 - 2014	150%
2014 - 2015	120%
2015 - 2016	96%
2016 - 2017	90%

Fonte: <http://https://www.scopus.com/>, acessado em 04/2017

Apesar dos números altos, o FlexSim ainda é um *software* relativamente novo no mercado, porém já vem ganhando uma notoriedade entre os principais de seu ramo.

4.3.2 ProModel

Análogo ao *software* da seção anterior, o contato foi realizado com a Belge Consultoria, maior representante de vendas do ProModel, através de seu site, conforme ilustra a Figura 28.

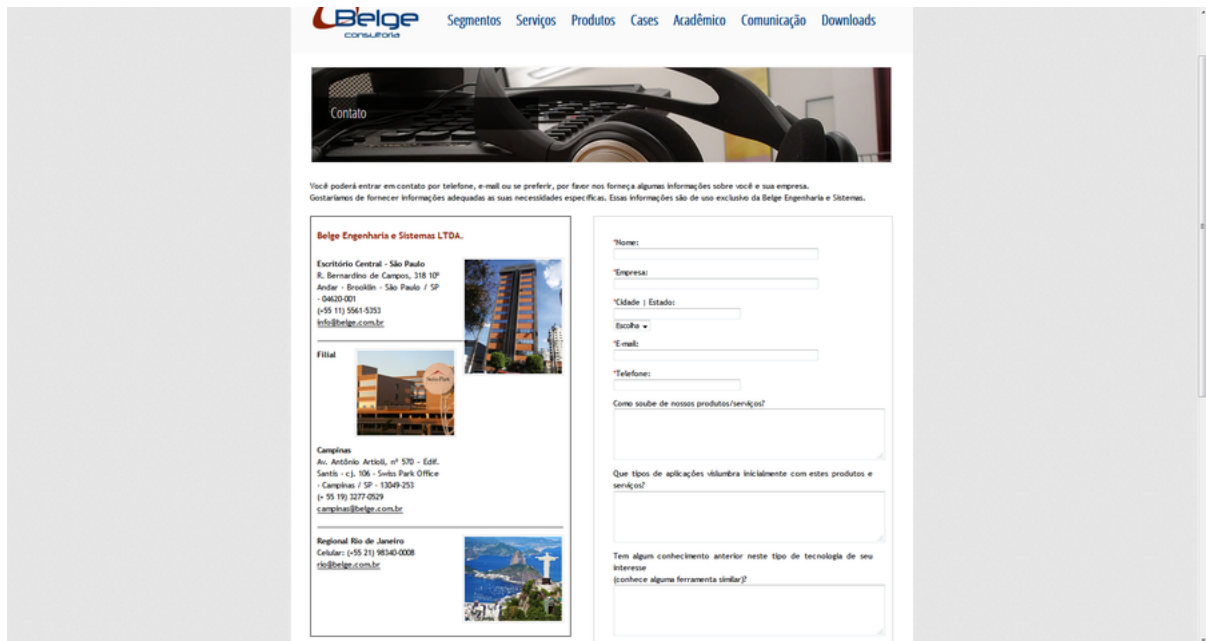


Figura 28 – Interface do site da Belge

<http://www.belge.com.br/contato.php>, acessado em 05/05/2017

O responsável pela resposta foi o diretor Alain de Norman et d'Audenhove. De acordo com o diretor, o ProModel está em atividade no Brasil há 22 anos e neste tempo já foram vendidas 2564 licenças integrais, nas quais não contam licenças para estudantes e demonstrativas.

Dentre os clientes que permitem a exposição do uso do ProModel, destacam-se grandes montadoras veiculares, como a Volkswagen, a General Motors e a Fiat, sendo esta última já citada em um estudo de caso na Seção 2.2.5. Ainda, o *software* está presente em grandes empresas nacionais: Stihl (também citado na Seção 2.2.5), VALE e Gerdau.

A fornecedora disponibiliza estudos de caso para estas empresas:

CASO VALE, conforme Rodrigues (2016): O *software*, juntamente com a consultoria prestada, permitiu que a empresa tomasse grandes decisões na usina de concentração para o projeto ITM-S (instalação de Tratamento de Minério a Seco) avaliando gargalos, restrições da planta e considerando circuitos, equipamentos (principais e reservas), fluxos principais e alternativos, tempo de parada por equipamentos e cenários operacionais representados pelas rotas de processos ou equipamentos.

CASO VALE, segundo Pena (2016): No segundo caso apresentado pela empresa, foi economizado milhares de reais com o dimensionamento correto de pilhas *buffers* intermediárias e a localização de gargalos para manter o fluxo nos processos e assim verificar a capacidade de britagem da planta.

CASO Gerdau, conforme Abreu (2016): A empresa obteve um ganho de 5 milhões de reais por ano em produtividade com a simulação realizada com o ProModel. Através de processos de simulação a Gerdau conseguiu ter uma visão geral do processo, como gargalos, performance, WIP e utilização de recursos, para ter uma maior qualidade na tomada de decisões. A opção de comparar alternativas para execução do projeto foi essencial para a simulação.

4.3.3 ARENA

Diferente dos *softwares* supra citados, a Paragon - representante do ARENA no Brasil - não cedeu dados de números de licenças ou crescimento da empresa nos últimos anos.

Sabe-se que o ARENA, sendo o *software* mais utilizados nas outras áreas de pesquisa deste trabalho, é amplamente utilizado nas indústrias brasileiras, como mostrado na Figura 29, com os principais clientes.



Figura 29 – Clientes da Paragon, empresa fornecedora do ARENA

Adaptado de <<http://www.paragon.com.br/c/clientes/>>, acesso em 13/05/2017

Alguns casos de aplicação foram cedidos pela empresa em seu *site*:

CASO CEMIG (2017): Devido a nova regulamentação do setor de energia, foi buscado uma redução nos custos e na estrutura operacional. Assim para otimizar questões operacionais como distribuição de equipes de manutenção, garantir padrões de qualidade, reduzir custos e aumentar a capacidade operacional utilizou-se a simulação. Com este modelo, existiu a possibilidade de realizar estudos descentralizados, sem periodicidade definida, podendo testar vários cenários diferentes. Assim, notou-se uma melhora de eficiência nas equipes de campo e qualidade do serviço prestado.

CASO Canal do Panamá (2012): Devido ao crescimento das operações no Canal do Panamá, a simulação foi utilizada como um meio para tomada de decisões a partir de previsões de demandas e tendências, otimização do sequenciamento dos navios, assim como o tráfego e regras de navegação e eclusagem. Assim, através da simulação, a equipe do Canal do Panamá possui uma ferramenta muito poderosa para tomadas de decisões.

CASO Exército Brasileiros (2010): A simulação foi utilizada para validação e ampliação da visibilidade de todo o projeto que visava a atualização do maior aeroporto do Brasil para a Copa do Mundo de 2014, o Aeroporto de Guarulhos. Em um primeiro momento, foi compreendido, através do trabalho de simulação, que o projeto inicial ficaria pronto cerca de dez meses após a Copa do Mundo. Assim, foi desenvolvido um novo planejamento, no qual a obra ficou pronta cerca de um ano antes da Copa e economizou cerca de 150 milhões de reais.

4.3.4 Conclusão

Com os dados obtidos através das empresas fornecedoras de *softwares*, nota-se que apenas o ProModel apresentou dados concretos quanto a número de licenças vendidas.

O FlexSim possui um crescimento notório em números de licenças vendidas e grandes aplicações. Ainda, esta ferramenta possui uma grande aplicação no que extrapola a simulação de processos contínuos, integrando tecnologia atual, como a realidade virtual, e visando o desenvolvimento da Indústria 4.0.

Já o ProModel apresentou um número de licenças completas vendidas no Brasil e também uma inserção com aplicação em grandes empresas e projetos. A partir dos estudos de caso fornecidos, as grandes corporações obtiveram excelentes resultados, mostrando a importância da aplicação do *software* em diversos meios industriais diferentes.

Por fim, o ARENA não apresentou dados de números de licenças nem de crescimento, mas nota-se uma presença em grandes obras através de estudos de caso cedidos pela empresa. Ainda assim, a empresa apresentou uma grande gama de

clientes, mostrando-se ativa na indústria.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No cenário econômico atual, é possível observar a evolução das indústrias juntamente com a criação de novas tecnologias. Isto, associado ao desenvolvimento da filosofia de Manufatura Enxuta, deu origem ao surgimento de diversas ferramentas para simulação industrial. Com a variedade de *softwares* disponíveis no mercado, pode-se ter dificuldades no momento de selecionar e implantar um destes programas de computador na indústria, em uma instituição de ensino ou na aplicação em pesquisas acadêmicas. Deste contexto surgiu a situação problema do projeto de pesquisa: a falta de um trabalho de levantamento e comparação dos *softwares* existentes assim como as diferentes aplicações dos mesmos.

Após a identificação do problema, uma pesquisa inicial mostrou que o assunto “*software* de simulação industrial e de processos” vem aumentando em publicações conforme indicado pela Figura 2. Além disso, nota-se que o Brasil é o décimo segundo país que mais publicou pesquisas acadêmicas sobre este assunto até o presente momento, conforme observado na Figura 3. Assim sendo, o problema mostrou-se atual e relevante e a solução do mesmo seria benéfica para três áreas distintas:

- **Formação Acadêmica:** Cada vez mais é exigido conhecimento interdisciplinar do engenheiro, além da habilidade deste de gerenciar projetos, produtos e produção. Sendo assim, o projeto de pesquisa é uma oportunidade para os autores aprimorarem seu discernimento sobre simulação industrial e tomar conhecimento das tendências do mercado nesta área;
- **Indústria:** Este projeto de pesquisa pretende deixar uma contribuição na forma de uma base dados que mostre as diferentes aplicações de *softwares* e poderá servir de apoio no momento de selecionar o programa mais adequado;
- **Instituições de Ensino:** O presente trabalho pode ser usado para seleção de ferramentas que apoiem o ensino em cursos de gestão ou para a implementação dos mesmos em um possível curso de Engenharia da Produção na UTFPR.

Após um estudo mais detalhado, apresentado no Capítulo 2, ambos autores tiveram maior contato com o contexto teórico do assunto e um contato inicial com programas de simulação, resolvendo exercícios simples para entender o funcionamento do *software*. Com isso, mostrou-se que os autores possuem algum conhecimento na área da Proposta de Projeto apresentada.

Com um problema bem definido e uma pesquisa teórica sobre o assunto e seu contexto, buscou-se uma metodologia adequada para proceder com o trabalho. A

metodologia escolhida foi a de Luna (1999), que possui grandes qualificações na área de gestão da produção. Nela o autor descreve como planejar uma pesquisa focando em aspectos mais problemáticos da metodologia da pesquisa observados ao longo de sua carreira profissional e como orientador de alunos em diferentes níveis. Após descrever um pouco a metodologia, ela foi aplicada para o problema deste trabalho.

5.1 Universidades

Neste ramo da pesquisa, e conforme os objetivos anteriormente traçados, tem-se que:

- Os programas utilizados pelas universidades melhores conceituadas no Brasil são: ARENA, ProModel, FlexSim, Simio e Plant Simulation, além de uma delas utilizar programação própria em *Python*, R e VBA;
- O *software* ARENA é o mais utilizado, com destaque também para o ProModel com o segundo maior número de utilização.

5.2 Academia

Para a pesquisa acadêmica, utilizou-se os *softwares* encontrados nas universidades, e assim como no tópico anterior o ARENA foi o mais usado.

Novamente o ProModel foi o segundo lugar em termos quantitativos e nesta seção, destaque ao FlexSim que obteve certa vantagem sobre os restantes e foi o terceiro *software* que mais apareceu nas publicações acadêmicas.

5.3 Indústria

A pesquisa na área industrial, não trouxe resultados em números absolutos. Por consequência, a análise deve ser subjetiva.

Visto que os três *softwares* melhores cotados anteriormente têm ampla atuação no mercado, o ARENA continua sendo o com aplicação mais significativa.

5.4 Conclusão

Por fim, a partir da metodologia utilizada e pelos resultados obtidos tem-se que a pesquisa foi satisfatória, concluindo todos os objetivos listados inicialmente.

5.5 Dificuldades encontradas

O trabalho, com foco em reunir dados de diferentes meios, apresentou como maiores dificuldades o contato com pessoas e empresas. No contato empresarial, a maior dificuldade foi fazer a análise subjetiva dos dados que a organização pode ceder para este tipo de projeto acadêmico.

Na parte do levantamento de dados acadêmicos, a dificuldade de encontrar um método onde possa mensurar e comparar valores reais foi uma das maiores do projeto.

REFERÊNCIAS

ABREU, João. **Projeto de simulação da movimentação de materiais na saída da Laminadora**. Acesso em: 04/05/2016. Disponível em <http://www.belge.com.br/indman_gerdau_Port.php>.

ANDERE, Guilherme. **Implantação de Técnicas de Redução do Tempo de Setup e de Sustentabilidade das Melhorias Obtidas: um Caso de Aplicação**. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia de Produção Mecânica – Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, 2012

BARRONIO, Sidnei. **Simulação auxiliando a Stihl a incrementar produtividade**. Acesso em: 05/10/2016. Disponível em <http://www.belge.com.br/indman_stihl_Port.php>.

CARDOZA, Edwin; CARPINETTI, Luiz C. Ribeiro. **Indicadores de desempenho para o sistema de produção enxuto**. Revista Produção, v. 5, n. 2, p. 2-7, 2005.

DA SILVA NETO, João Cirilo; DA SILVA, Evaldo Malaquias; DA SILVA, Marcio Bacci. **Porque o Engenheiro Mecânico Precisa de Conhecimento em Administração de Empresas**. Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2002.

DE SOUZA, João Artur; DANDOLINI, Gertrudes Aparecida. **Utilizando simulação computacional como estratégia de ensino: estudo de caso**. RENOTE, v. 7, n. 1, 2009.

ENEZ, A. Hende. **Fiat reduz seu estoque em processo (WIP) em 45% através do uso de simulação**. Acesso em: 06/10/2016. Disponível em <http://www.belge.com.br/indman_fiat_Port.php>.

FERRO, José Roberto. **Aprendendo com o “Ohnoísmo” (produção flexível em massa): lições para o Brasil**. Revista de Administração de Empresas, v. 30, n. 3, p. 57-68, 1990.

LEAL, Fabiano. **Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional.** Tese de Mestrado. Engenharia de Produção - Universidade Federal de Itajubá, 2003.

LUNA, Sérgio Vasconcelos de. **Planejamento de pesquisa: uma introdução.** In: Trilhas. Educ, 1999.

OHNO, Taichii. **O Sistema Toyota de Produção—além da produção em grande escala.** Tradução de Cristina Schumacher-Porto Alegre: artes Médicas, 1997.

PARAGON DECISION SCIENCE. **Projeto CEMIG.** Acesso em 13/05/2017. Disponível em <<http://www.paragon.com.br/cases/cemig/>>.

PARAGON DECISION SCIENCE. **Projeto para Expansão do Canal do Panamá.** Acesso em 13/05/2017. Disponível em <<http://www.paragon.com.br/cases/canal-do-panama/>>.

PARAGON DECISION SCIENCE. **Projeto para as Obras de Expansão do Aeroporto de Guarulhos.** Acesso em 13/05/2017. Disponível em <<http://www.paragon.com.br/cases/exercito-brasileiro/>>.

PEGDEN,C.Dennis., SHANON, Robert, SADOWSKY Randall. **Introduction to Simulation Using SIMAN.** New Jersey, 1990.

PENA, Ivan de Jesus. **Simulação do Processo de Britagem em três Minas da Vale – BH.** Acesso em: 04/05/2016. Disponível em <http://www.belge.com.br/indman_vale_2_Port.php>.

RABELO, Ricardo J. **Manual do ARENA versão 9.0.** Apostila. Departamento de Automação e Sistemas - Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

RANKING UNIVERSITÁRIO DA FOLHA. **Ranking de Cursos - Engenharia de Pro-**

dução. Acesso em 10/03/2017. Disponível em <<http://ruf.folha.uol.com.br/2016/ranking-de-cursos/engenharia-de-producao/>>, 2016.

RODRIGUES, Armando; PENA, Ivan; MATTOS, Marcelos; FREITAS, Alisson. **Projeto de Modelagem e Simulação de Análise de Confiabilidade ITM-S (Instalação de Tratamento de Minério a Seco) Pico.** Acesso em: 04/05/2016. Disponível em <http://www.belge.com.br/indman_vale_Port.php>.

SCHAPPO, Adriano José. **Um método utilizando simulação discreta e projeto experimental para avaliar o fluxo na manufatura enxuta.** Tese de Mestrado. Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

SCHRIBER, Thomas J. **Simulation using GPSS.** New York, NY : Wiley, 1974.

SHANNON, Robert E. **Systems simulation : the art and science.** Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1975.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** 2a ed., Porto Alegre: Book-man Editora, 1996.

VIEIRA, Guilherme Ernani. **Uma revisão sobre a aplicação de simulação computacional em processos industriais.** SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XIII, Bauru, Anais, p. 1-10, 2006.

Anexos

ANEXO A – Contato via e-mail com o professor Doutor Lino Guimarães Marujo (UFRJ)

A figura 30 abaixo é uma captura de tela da resposta do Prof. Lino, Coordenador do curso de Engenharia da Produção da UFRJ. Nesta mensagem, o professor confirma o uso de alguns *softwares* conhecidos no passado, mas afirma que optaram por usar linguagens de programação para gerar seus próprios modelos sem depender de licença estudantil.

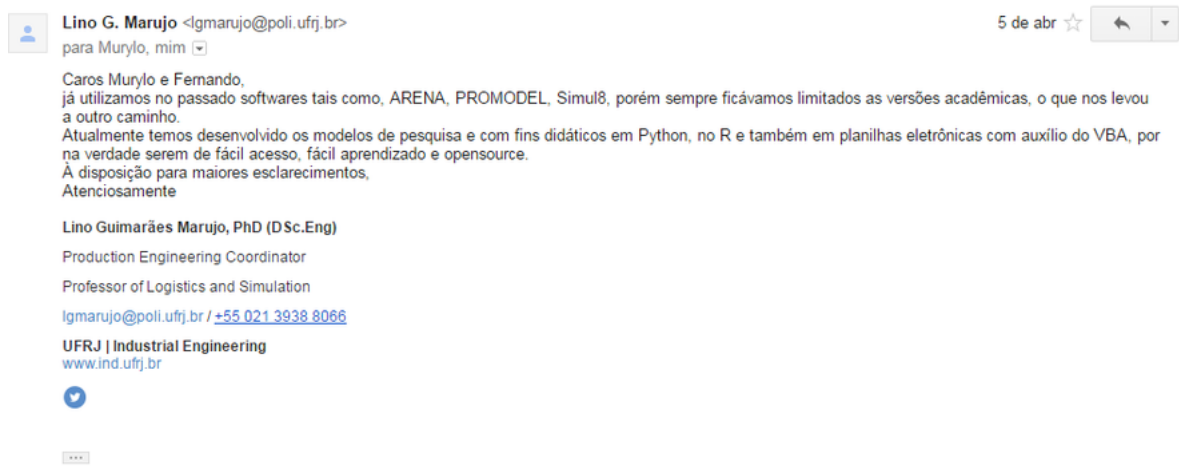


Figura 30 – Resposta via e-mail do coordenador da Engenharia da Produção da UFRJ, Prof. Dr. Lino Guimarães Marujo.

Fonte: Próprio autor

ANEXO B – Contato via e-mail com o professor Doutor Whalter Azzolini (USP)

A figura abaixo mostra o contato via e-mail com o professor Whalter Azzolini, responsável por ministrar disciplinas de simulação no curso de Engenharia de Produção da USP após o contato telefônico. A confirmação via e-mail permaneceu sem resposta.

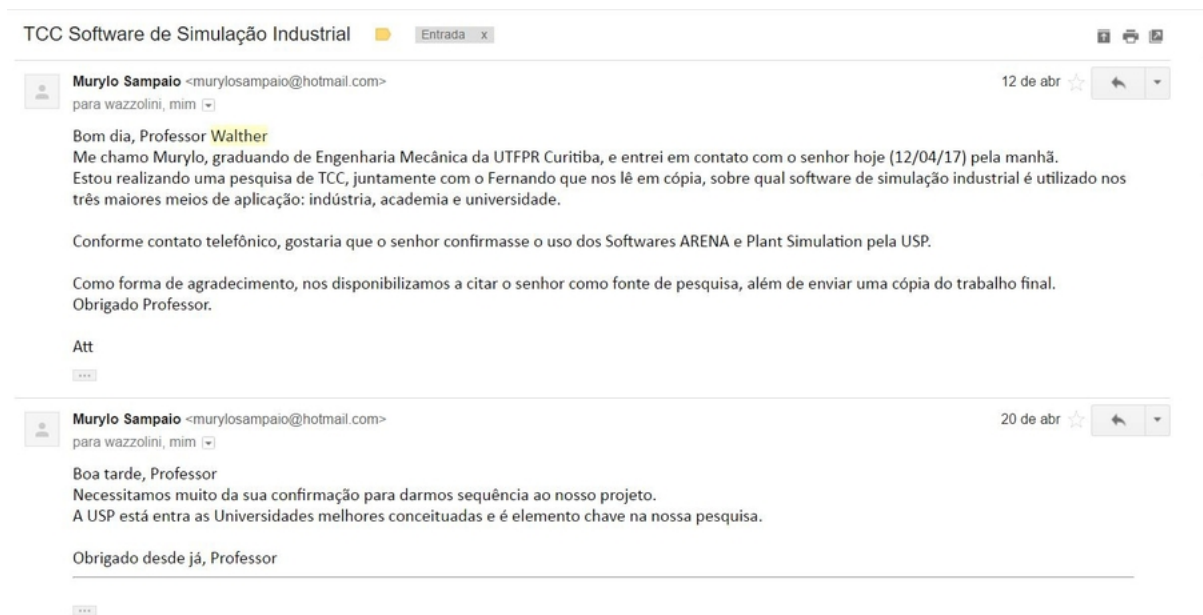


Figura 31 – Contato via e-mail com o professor Whalter Azzolini da USP.

ANEXO C – Contato via e-mail com o professor Doutor Carlos Ernani Fries (UFSC)

A figura 32 abaixo é uma captura de tela da resposta do Prof. Carlos, Coordenador do curso de Engenharia da Produção da UFRJ. Nesta mensagem, o professor confirma o uso dos *softwares* ARENA e Simio.

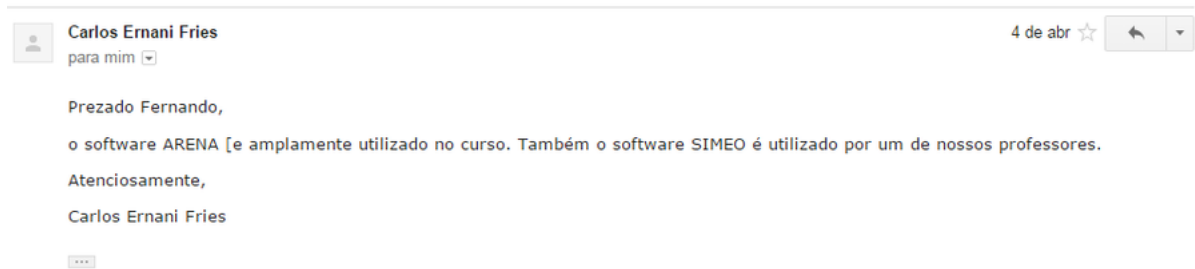


Figura 32 – Resposta via e-mail do coordenador da Engenharia da Produção da UFSC, Prof. Dr. Carlos Ernani Fries.

Fonte: Próprio autor



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
DIRETORIA ACADÊMICA



PROGRAMAS E BIBLIOGRAFIAS

Bibliografia:

Referências básicas:

- ✓ W. Winston, Operations Research Applications and Algorithms, 4ª edição. Editora Brooks/Cole, 2004.
- ✓ P.J. Freitas Filho, Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena. Editora Visual Books Ltda, 2008.

Observações:

ASSINATURAS:

COORDENADOR DO CURSO
Prof. Dr. Alcides José Scaglia

DIRETOR DA UNIDADE
Prof. Dr. Peter Alexander Bleinroth Schulz

PROFESSOR RESPONSÁVEL:

Prof. Dr. Anibal Tavares de Azevedo

PÁGINA: 2 de 2

Figura 34 – Ementa da disciplina Simulação de Sistemas, ministrada na UNICAMP citando o uso do ARENA, parte 2.

ANEXO E – Contato via e-mail com a aluna Livia Olivio de Souza Ribeiro (UFSCar)

A figura 35 abaixo é uma captura de tela da resposta da Livia Ribeiro, aluna do 9º período do curso de Engenharia da Produção da UFSCar. Nesta mensagem, ela confirma o uso dos *softwares* ARENA e FlexSim.

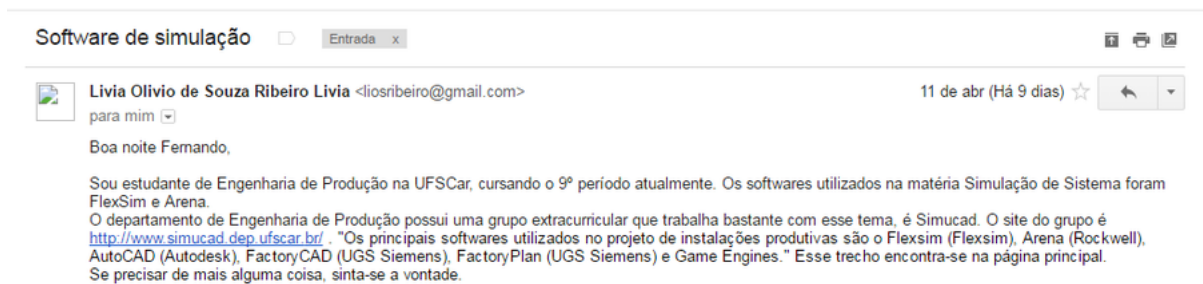


Figura 35 – Resposta via e-mail da aluna da Engenharia da Produção da UFSCar, Livia Olivio de Souza Ribeiro.

ANEXO F – Contato através de mensagem com o professor Paulo Andery

Na figura abaixo é mostrado o contato via mensagem de texto com o docente Paulo Andery, confirmando o uso do *software* ARENA na UFMG.



Figura 36 – Contato via mensagem de texto com o professor Paulo Andery, confirmando o uso do *software* na UFMG.

ANEXO G – Ementa da disciplina Projeto de Fábricas e *Layout* (UFRGS)

Conforme na ementa da disciplina “Projeto de Fábricas e *Layout*” foi identificado o uso do ProModel (Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017).

29/03/2017 Engenharia de Produção e Transportes

Busca no site

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES

UFRGS

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Acesso Rápido

- Professores
- Pessoal
- Disciplinas
- Mapa do site

Ensino | Pesquisa | Administração | Outros | Projetos | Regimento |

Disciplinas

Disciplinas >

DISCIPLINAS
Doutorado Especialização Graduação Mestrado Acadêmico Mestrado/Doutorado
Mapa do Site
Ensino
EAD Graduação Centro Acadêmico Empresa Júnior Eslarecimentos sobre Plágio Pós-Graduação Doutorado Mestrado Acadêmico Mestrado Profissional Especialização Projetos de Pesquisa Publicações Recentes Portal da Sustentabilidade Eslarecimentos sobre Plágio Cursos de Extensão Capacitação Lean Gestão de Transp de Passageiros
Pesquisa
LOPP GEDEPRO Núcleo de Ergonomia Sistemas de Informação NECSSO LASTRAN Portal do Conhecimento Revista P&P Dicas de Pesquisa CRETIES
Administração
Secretarias Suporte Rede
Outros
Pessoal Disciplinas Direitos e Deveres Discentes Formulários e Modelos Intranet Horários Salas Creditos Complementares Eslarecimentos sobre Plágio
Projetos
Escritório de Projetos iProject Organiza LOPP Qualificando CNPq

ENG09013 - Projeto de Fábrica e Layout

Carga horária 04 h/a

Pré-requisitos ENG09005 e ENG09003

Professores Ricardo Augusto Cassel (cassel@producao.ufrgs.br)

Síntese

Níveis do projeto de instalações (global, supra, macro, micro, sub-micro); detalhamento dos procedimentos de projeto em cada nível; planejamento sistemático e simplificado de layout; planejamento das necessidades pessoais; planejamento de espaço para escritórios; princípios e equipamentos de movimentação e armazenagem de materiais; planejamento de layout de depósitos; políticas de armazenagem.

Objetivos

Apresentar métodos e ferramentas para o planejamento de instalações, desenvolvendo o senso crítico quanto à aplicabilidade dos mesmos em diferentes contextos industriais e de serviços.

Programa

Os conteúdos abordados na disciplina constam no cronograma.

Método

A disciplina possui caráter teórico-prático, sendo as aulas desenvolvidas através da apresentação de slides, estudos de caso, exercícios e visitas técnicas. Além disso, ao longo do semestre, será desenvolvido um trabalho prático em grupo, envolvendo o planejamento das melhorias de layout de uma instalação, visando o aprofundamento dos conteúdos ministrados.

Avaliação

Média Final (MF): 35% Prova 1, 35% Prova 2, 30% Trabalho Final.
Será considerado aprovado o aluno que obtiver MF igual ou superior a 6,0. Somente realizarão exame aqueles alunos que atingirem MF superior a 3,0, mas inferior a 6,0. O exame (E) consiste de uma prova sobre todo o conteúdo da disciplina. A nota final da disciplina (NF) será obtida através da fórmula $NF = (MF + E)/2$, a qual deverá ser igual ou superior a 6,0 para aprovação.

Bibliografia

BRILL, M. *Using Office Design to Increase Productivity*. Buffalo: Workplace design and productivity, 1984.
FRANCIS, R.; MCGINNIS, L.; WHITE, J. *Facility Layout and Location: an analytical approach*. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1992, 589 p.
GAITHER, N.; FRAZIER, G. *Administração da produção e operações*. São Paulo: Thomson, 2002.
HERAGU, S.S. *Facilities Design*. Boca Raton: CRC Press, 2008.
KRAJEWSKI, L.J.; RITZMAN, L.P. *Operations Management: strategy and analysis*. 6ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1998.
KUCHTA, J. *Como economizar espaço no armazem*. São Paulo: IMAM, 1. ed., 1998, 64 p.
LEE, Q. *Projeto de Instalações e do Local de Trabalho*. São Paulo: IMAM, 1. ed., 1998, 229 p.

http://www.producao.ufrgs.br/disciplinas.asp?cod_turma=393

1/3

Figura 37 – Ementa da disciplina Projeto de Fábrica e *Layout*, ministrada na UFRGS citando o uso do ProModel, parte 1.

29/03/2017

Engenharia de Produção e Transportes

Regimento		
<p>MOURA, R. <i>Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais</i>. São Paulo: IMAM, 5. ed. 2005.</p> <p>MUTHER, R.; WHEELER, J.D. <i>Planejamento Sistemático e Simplificado de Layout</i>. São Paulo: DMAM, 1.ed., 2000, 46 p.</p> <p>MUTHER, R. <i>Planejamento do Layout: sistema SLP</i>. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.</p> <p>SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. <i>Administração da produção</i>. São Paulo: Atlas, 1997.</p> <p>TOMPKINS, J.; WHITE, J.; BOZER, Y.; FRAZELLE, E.; TANCHOCO, J.; TREVINO, J. <i>Facilities Planning</i>. New York: John Wiley & Sons, 1996.</p> <p>Cronograma</p>		
Semana	Dia	Assunto
1	06/08	Apresentação e introdução da disciplina
	08/08	Introdução ao planejamento de instalações
2	13/08	Introdução ao planejamento de instalações
	15/08	Planejamento e localização das instalações: global e supra-espço
3	20/08	Planejamento e localização das instalações: global e supra-espço
	22/08	Tipos de macro layout
4	27/08	Tipos de macro layout
	29/08	Planejamento simplificado e sistemático
5	03/09	Planejamento simplificado e sistemático
	05/09	Planejamento de macro-espço
6	10/09	Planejamento de macro-espço
	12/09	Layout por produto
7	17/09	Layout por produto
	19/09	Movimentação, armazenagem, modelos de armazenamento
8	24/09	Movimentação, armazenagem, modelos de armazenamento
	26/09	Prova 1
9	01/10	Introdução a Simulação Computacional
	03/10	Introdução a Simulação Computacional
10	08/10	ProModel
	10/10	ProModel
11	15/10	ProModel
	17/10	ProModel
12	22/10	ProModel
	24/10	ProModel
13	29/10	Métodos de Condução de Projetos de Simulação
	31/10	Modelagem Conceitual
14	05/11	Tutoria Trabalhos
	07/11	Tutoria Trabalhos
15	12/11	Análise de dados de entrada e saída
	14/11	Tutoria Trabalhos
16	19/11	Tutoria Trabalhos
	21/11	Tutoria Trabalhos
17	26/11	Prova 2
	28/11	Tutoria Trabalhos
18	03/12	Apresentação de trabalhos
	05/12	Apresentação de trabalhos Entrega relatórios trabalho
19	10/12	Revisão para Exame
	12/12	Exame
<p>Arquivos para Download</p> <p>393_exercicio_1.pdf 97.9 Kb</p> <p>393_exercicio_2.pdf 226.1 Kb</p> <p>393_seq_10_modelos_armazenamento_v2.pdf 176.9 Kb</p> <p>393_seq_1_rc.pdf 1,079.1 Kb</p> <p>393_seq_2_global_e_supra_rc.pdf 1,188.4 Kb</p> <p>393_seq_3_5_macro.pdf 1,750.5 Kb</p> <p>393_seq_3_tipos_layout.pdf 241.3 Kb</p> <p>393_seq_4_slp.pdf 1,997.7 Kb</p> <p>393_seq_6_algoritmos_macro_layout.pdf 599.5 Kb</p> <p>393_seq_7_layout_produto.pdf 167.1 Kb</p>		

http://www.producao.ufrgs.br/disciplinas.asp?cod_turma=393

2/3

Figura 38 – Ementa da disciplina Projeto de Fábrica e *Layout*, ministrada na UFRGS citando o uso do ProModel, parte 2.

29/03/2017	Engenharia de Produção e Transportes	
393_seq_8_movimentacao.pdf		14,904.9 Kb
393_seq_9_armazenamento.pdf		721.0 Kb
<hr/>		
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES	Fale Conosco » Intranet » Webmail »	
	© 1998 - 2011 - Engenharia de Produção - Direitos reservados.	

Figura 39 – Ementa da disciplina Projeto de Fábrica e *Layout*, ministrada na UFRGS citando o uso do ProModel, parte 3.

ANEXO H – Contato via e-mail com o professor Doutor Fernando Bernardi de Souza (UNESP)

A figura abaixo 40 é uma captura de tela da resposta do Prof. Fernando, Coordenador do curso de Engenharia da Produção da UNESP. Nesta mensagem, o professor afirma que o uso dos *softwares* ProModel na universidade e em pesquisas acadêmicas.



Figura 40 – Resposta via e-mail do coordenador da Engenharia da Produção da UNESP, Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza.

ANEXO I – Contato via e-mail com o professor Doutor Alexandre Augusto Massote (FEI)

A figura 41 abaixo é uma captura de tela da resposta do Prof. Alexandre, responsável por ministrar aulas que envolvam simulação no curso de Engenharia da Produção na FEI. Nesta mensagem, o professor afirma que o uso dos *softwares* ProModel na universidade em disciplinas específicas de simulação e também como apoio para outras como ferramenta auxiliar em projetos e trabalhos.



Figura 41 – Resposta via e-mail do professor da Engenharia da Produção da FEI, Prof. Dr.Alexandre Augusto Massote.

ANEXO J – Ementa da disciplina Programação da Produção II (UFPR)

Conforme as ementas disponíveis na página da Universidade Federal do Paraná (UFPR), na disciplina “Programação da Produção II” foi identificado o uso do ARENA.

MODELO DE PLANO DE ENSINO FICHA Nº 2	
Disciplina: PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO II	Código: TP017
Natureza: (X) obrigatória () optativa	Semestral (X) Anual () Modular ()
Pré-requisito:	Co-requisito:
Modalidade: (X) Presencial () EaD () 20% EaD	
C.H. Semestral Total: 60 horas C.H. Anual Total:	
C.H. Modular Total: PD PD: 60 LB: 00 CP: 00 ES: 00 OR: 00	
C.H. Semanal: 04	
EMENTA	
Gargalo e teoria de filas para processos e serviços. Estratégias de alocação de recursos. Regras de sequenciamento (problemas de scheduling). Modelagem e simulação de sistemas. Projetos de simulação. Ambientes computacionais de Simulação	
PROGRAMA	
Conceitos de formação de gargalos. Teoria de filas: introdução, terminologia, modelos de filas, análise de sistemas de filas. Estratégias de alocação de recursos: técnicas para otimização de alocação de recursos. Sequenciamento: definições e técnicas para otimização em problemas de sequenciamento. Modelagem e simulação de sistemas: definições, classificação de modelos, ferramentas necessárias para simulação. Projetos de simulação: Etapas para o desenvolvimento de um modelo de simulação. Ambientes computacionais de Simulação: utilização de planilhas, linguagem de programação e ambiente específico de simulação para o desenvolvimento de modelos.	
OBJETIVO GERAL	
Expor e discutir conceitos importantes e contemporâneos do Planejamento, Programação e Controle das atividades produtivas (PPCP). Desta forma, serão apresentadas as técnicas avançadas disponíveis atualmente para apoio à gestão de PPCP, discutindo a difícil tarefa de gerenciar tanto sua implantação como sua utilização.	
OBJETIVO ESPECÍFICO	
<ul style="list-style-type: none"> - Fornecer ferramentas que possibilitem a otimização da produção. - Apresentar técnicas que facilitem a identificação de gargalos e a consequente resolução dos problemas relativos à eles. - Realizar a compreensão das diferenças entre diversas estratégias, para a identificação da melhor para determinado ambiente. - Desenvolver senso crítico em relação à aplicação dos sistemas estudados nos diversos ambientes organizacionais, possibilitando assim a gestão desses ambientes de forma eficiente. 	

Figura 42 – Ementa da disciplina Programação da Produção II, ministrada na UFPR citando o uso do ARENA, parte 1.

PROCEDIMENTOS DIDATICOS
Aulas expositivas em sala de aula com o uso de projetor e quadro promovendo debates com os alunos, complementadas com exercicios. Também serão utilizados estudos de caso e apresentação de softwares.
FORMAS DE AVALIAÇÃO
Deve ser apresentado aos alunos no primeiro dia de aula, contendo, pelo menos: * calendário das provas, com as datas, horários e objetivos que serão cobrados em cada uma delas; * tipo de avaliação que será realizada; * sistema de aprovação (médias das provas, trabalhos, etc.)
BIBLIOGRAFIA BÁSICA
CHASE, R.B.; JACOBS, F.R.; AQUILANO, N.J. (2006) Administração da produção e operações para vantagens competitivas. 11 Ed., Mc Graw Hill: São Paulo FREITAS Filho, P. J. Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena. 2 ed. Florianópolis: VisualBooks, 2008. LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R.(2008). Planejamento e Controle da Produção. 1Ed., Elsevier: Rio de Janeiro. .
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR
CHWIF, L., MEDINA, A. C. Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações. São Paulo: Bravarte, 2006. O'LEARY, Daniel E. Enterprise Resource Planning Systems. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. PINEDO, M., 2008. Scheduling, Theory, Algorithms and Systems. Springer: New York
Professor da Disciplina: _____
Assinatura: _____
Chefe de Departamento: _____
Assinatura: _____

Legenda:

Conforme Resolução 15/10-CEPE: PD- Padrão LB – Laboratório CP – Campo ES – Estágio OR - Orientada

Figura 43 – Ementa da disciplina Programação da Produção II, ministrada na UFPR citando o uso do ARENA, parte 2.

ANEXO K – Contato por e-mail com a Belge Consultoria (ProModel)

Captura de tela mostrando o contato com a Belge Consultoria, responsável pelas atividades do ProModel no Brasil.

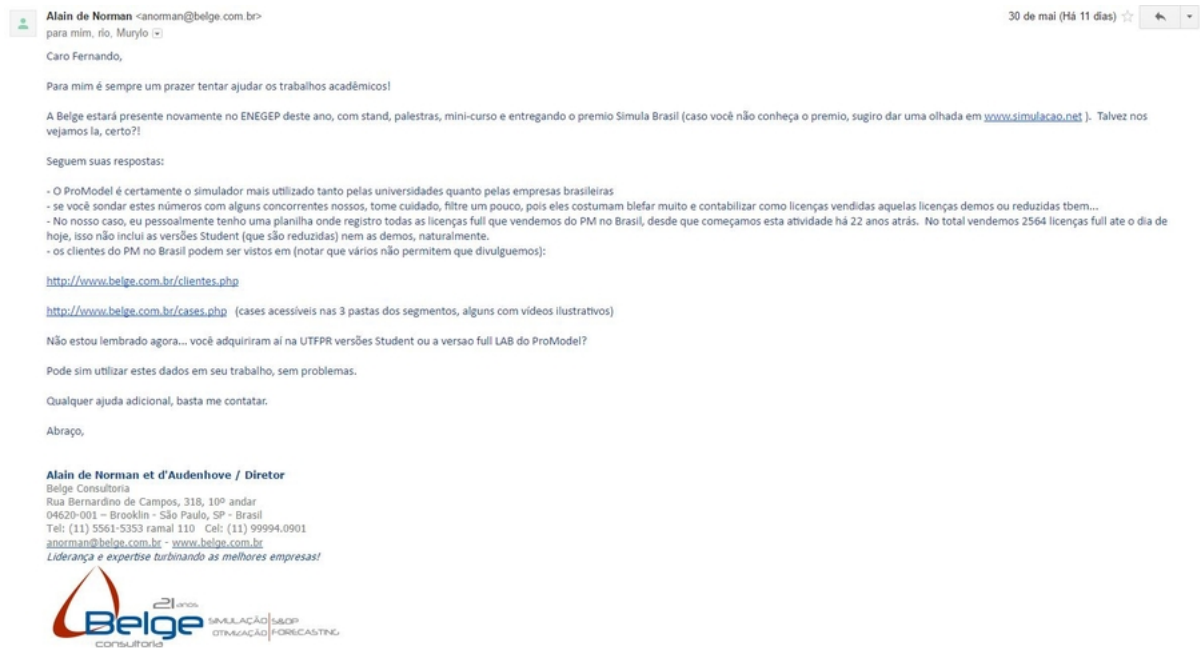


Figura 44 – Resposta via e-mail de Alain de Norman, diretor da Belge Consultoria sobre o ProModel

ANEXO L – Contato via e-mail com o FlexSim Brasil

Resposta de Michael Machado, representante da FlexSim Brasil.

2017-6-9

Email – murylosampaio@hotmail.com

Re: Dados para pesquisa acadêmica - UTFPR

Michael Machado <michael.machado@flexsimbrasil.com.br>

qui 01/06/2017 10:49

Para: Fernando Trevisan <trevisan.fernando@gmail.com>;

Cc: Murylo Sampaio <murylosampaio@hotmail.com>;

📎 7 anexos (3 MB)

Energy Simulation Module3.png; Energy Simulation Module2.png; Energy Simulation Module1.png; Modulo Ergonomia1.png; Modulo Ergonomia3.png; ModuloErgonomia2.png; Overview_FloWorks.pdf;

Fernando, bom dia!

Nos últimos 2 anos consideramos Arena e Promodel, como nosso concorrente apenas quando o assunto é simulação de eventos discretos. Quando o cliente pede algo a mais (além de simulação de eventos discretos), como por exemplo simulação contínua, recursos para a Indústria 4.0, realidade virtual, biblioteca para simular e estudar indicadores de ergonomia (padrão americano e europeu), biblioteca para simular consumo de energia de uma planta industrial, então o FlexSim literalmente se diferencia dos dois e muito. Clientes aceitam pagar mais pelo FlexSim por ter esses recursos que citei acima, como um diferencial perto de Arena e Promodel. Ainda eles são os software com maior presença nas empresas e universidades no Brasil, mas isso em função de estarem no mercado há 15 anos, enquanto o FlexSim desembarcou no Brasil apenas em 2013 de fato.

Indústria:

Se você perguntar aos distribuidores do Arena e Promodel, eles irão falar: 'Arena está presente na VALE, Petrobrás e etc...'. Promodel irá dizer: 'Nosso software está presente na Coca-Cola, Ambev, Petrobrás, etc...'. No entanto, recentemente (há menos de 01 ano), a diretoria da Coca-Cola analisou os 3 software de simulação e tomou a decisão pelo FlexSim, pela facilidade com que desenvolvemos uma biblioteca que atendesse a operação logística da Coca-Cola. No ano passado, fechamos um acordo corporativo com a Ambev e novamente ganhamos do Arena e Promodel, também em função da facilidade para customizar o modelo, da biblioteca de simulação contínua e ainda a questão dos recursos para indústria 4.0 fizeram a Ambev adquirir várias licenças para suas operações no mundo. Mais uma situação. Há 3 anos atrás, o mega projeto S11D da Vale chamou o distribuidor do Arena para desenvolver o modelo da mina e usina, para planejamento futuro. Não sei o que aconteceu, mas em Maio de 2016, a Vale optou por comprar licenças do FlexSim e desenvolver o modelo do mesmo projeto S11D de mina e usina com a equipe da FlexSim Brasil. Segundo eles, como muito mais riqueza e robustez de detalhes do que o modelo do Arena, foi possível inserir no FlexSim. Além disso, estamos transferindo conhecimento para a equipe da Vale operar o FlexSim por conta própria para o planejamento de lavra (mina) e operação da usina. Se essas empresas (Vale, Ambev, Coca-Cola) vão ou não continuar usando os software Arena e Promodel (comprado no passado), não sabemos, no entanto, o que chama atenção é o fato de terem comprado várias licenças do FlexSim bem recentemente. Petrobrás estamos em negociação final pois atrasou a compra em função das investigações dentro da empresa.

Além dessas situações comentadas, fechamos um acordo no Brasil com DHL, John&Deere, Tetrapack também para fornecimento de várias licenças. Nosso crescimento de 2015 para 2016 na indústria foi de 96%. De 2014 para 2015 foi de 120%. De 2013 para 2014 foi a ordem de 150% (base era pequena nessa época). Apesar da crise, estimamos um crescimento de 2016 para 2017 da ordem de pelo menos 90%.

Educacional ou Universidades. Crescimento tem sido exponencial desde o início e hoje já estamos em 72 universidades no Brasil, nos cursos de engenharia de produção e 3 universidades no curso de administração.

Recursos de simulação contínua, estou colocando um slide para vocês verem o que difere o FlexSim, quando usa a biblioteca FloWorks, dos demais software para análises de simulação contínua (Veja slide 5 do arquivo). Telas do ERGOSIM (biblioteca para ergonomia) e ENERGYSIM (estudo de consumo de energia de plantas industriais estão anexo).

No FlexSim você desenvolve o modelo diretamente no 3D e depois com um Óculus de realidade virtual e o touch control você literalmente "entra" dentro do modelo e opera máquinas e etc.... Veja vídeos abaixo.

e depois, fazer você e sua equipe entrar no modelo (em ambiente de realidade virtual) para visualizar como ficará o cenário futuro, usando o Óculus de Realidade Virtual, Oculus Rift e Touch Control. Você poderá usar isso para melhoria e treinamento da equipe para uma operação futura.

https://www.youtube.com/watch?v=P8QICXnun_U
<https://www.youtube.com/watch?v=dvdPgW5o5ok>
<https://www.youtube.com/watch?v=GrWN09CVDxE>

Figura 45 – Primeira parte da resposta de Michael Machado da FlexSim Brasil, com dados sobre o software.

Também desenvolvemos uma versão beta para fazer VSM dentro de um simulador 3D, o FlexSim VSM, algo que os concorrentes não possuem também.

Veja em <https://www.flexsim.com/pt/value-stream-mapping/>

Outro diferencial nosso é o FlexSim Healthcare, um software totalmente direcionado para Healthcare e que muitos hospitais na Europa e EUA usam. O Albert Einstein está testando essa solução para implementação. É outro software totalmente diferente do FlexSim standard para indústria e logística.

<https://healthcare.flexsim.com/>

Depois gostaria de receber a pesquisa. Abs,



Michael Machado
Consulting and Sales Team
michael.machado@flexsimbrasil.com.br

tel: (19) 3308-2032 / (19) 3308-7833
cel: (19) 98251-9536

FLEXSIMPOSIUM Provo, Utah
Aug 7-11
When you're as great as me
you need the greatest
simulation software
Alexander the Great*
Register today
Get Trained.
Get Inspired.
Get Simulating.



Flexsim Brasil | Filial da FlexSim, USA | Rua Regente Feijó | 221 sala 92 Centro/Campinas | SP Brazil |
13013-050 | fax: (19) 3308-7855 | www.flexsimbrasil.com.br | www.flexsim.com/br

Figura 46 – Segunda parte da resposta de Michael Machado da FlexSim Brasil, com dados sobre o software.

ANEXO M – Contato por e-mail com a Paragon (ARENA)

Mensagem enviada por e-mail para a Paragon, responsável pelo ARENA no Brasil, depois de contato telefônico com a empresa.

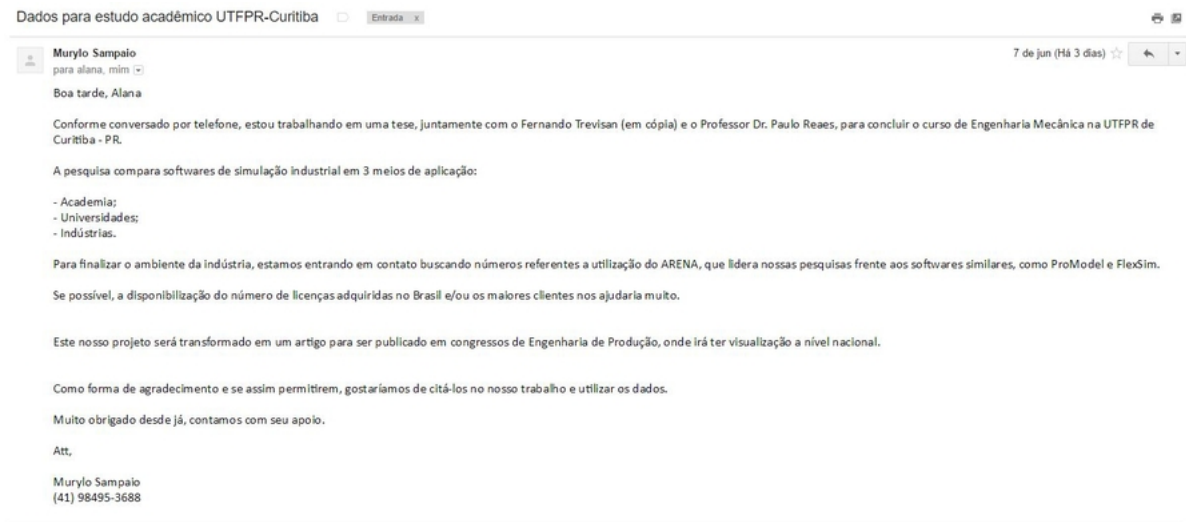


Figura 47 – E-mail enviado para Alana, da Paragon, após contato telefônico.