



André Buzetti Furtado

**Utilização da simulação computacional
para auxiliar na tomada de decisão em
uma empresa de prestação de serviços
siderúrgicos: Transporte de placas de aço
para o porto**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio

Orientador: Prof. José Eugenio Leal

Co-orientador: Prof. Alexandre Magno Castañon Guimarães

Rio de Janeiro
Dezembro de 2013



André Buzetti Furtado

**Utilização da simulação computacional
para auxiliar na tomada de decisão em
uma empresa de prestação de serviços
siderúrgicos: Transporte de placas de aço
para o porto**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. José Eugênio Leal

Orientador e Presidente

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Alexandre Magno Castañon Guimarães

Teadit Indústria e Comércio LTDA

Prof. Hugo Miguel Varela Repolho

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Profª Adriana Leiras

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 20 de dezembro de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução parcial ou total do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

André Buzetti Furtado

Graduou-se em Engenharia de Produção no Centro Universitário Vila Velha -ES em 2006.

Ficha Catalográfica

Furtado, André Buzetti

Utilização da simulação computacional para auxiliar na tomada de decisão em uma empresa de prestação de serviços siderúrgicos: transporte de placas de aço para o porto / André Buzetti Furtado ; orientador: José Eugenio Leal ; co- orientador: Alexandre M. C. Guimarães. – 2013.

105 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2013.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Serviços siderúrgicos. 3. Arena. 4. Simulação. 5. Tomada de decisão. I. Leal, José Eugenio. II. Guimarães, Alexandre M. C. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.5

Agradecimentos

A DEUS pela oportunidade de estudar em uma instituição tão importante.

Ao meu orientador José Eugênio Leal e ao meu co-orientador Alexandre Castañon que mesmo distante me deu tranquilidade para finalizar o trabalho.

A minha mãe Geny Buzetti que sempre me apoiou e venceu dificuldades para me proporcionar essa oportunidade.

A minha irmã Bianca Buzetti que sempre esteve ao meu lado me apoiando.

A minha namorada e futura esposa Fernanda Pedroni que nunca desistiu de nossos sonhos, acreditando que mesmo longe o amor supera as dificuldades.

Ao Gerente de Produção Jorge Júnior muito mais do que um profissional um amigo.

A todos os meus amigos que nesses anos ficaram tão distantes, mas fortemente presente nos momentos importantes.

Resumo

Furtado, André Buzetti; Leal, José Eugênio. **Utilização da simulação computacional para auxiliar na tomada de decisão em uma empresa de prestação de serviços siderúrgicos: Transporte de placas de aço para o porto.** Rio de Janeiro, 2013. 105p. Dissertação de Mestrado (Opção profissional) - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A presente pesquisa tem por objetivo suscitar uma discussão sobre a utilização da simulação computacional e analisar a sua viabilidade para tomadas de decisões gerenciais nas empresas de prestação de serviços siderúrgicos, mais especificamente a de transporte de placas de aço, RIP Serviços Siderúrgicos. Para isso, foram abordados conceitos e aspectos sobre a modelagem e simulação, etapas importantes para alcançar o modelo ideal de simulação, bem como as vantagens e desvantagens e suas principais aplicações. Além disso, foram apresentados softwares que são comumente utilizados para realizar as simulações, sendo que para este trabalho utiliza-se o Arena®. A partir da modelagem e animação originada pelo software Arena® e dos relatórios gerados pelo software foi possível elaborar cenários fundamentais para a tomada de decisões estratégicas empresariais, e mostrar a importância da ferramenta para o fortalecimento da empresa no mercado e melhoraria dos processos junto ao cliente.

Palavras-chave

Serviços Siderúrgicos; Arena; Simulação; Tomada de Decisão.

Abstract

Furtado, André Buzetti; Leal, José Eugênio. (Advisor) **Utilization of computer simulation to assist in decision making in a company providing steel service: Transportation of steel slabs to the harbor.** Rio de Janeiro, 2013. 105p MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This research aims to raise a discussion on the computational simulation and analyze its viability for decision making in companies providing steel services, specifically the transport of steel plates, RIP Steel Services. For this, we discussed concepts and aspects of modeling and simulation, important steps to achieve the ideal model simulation, as well as the advantages and disadvantages and its main applications. Furthermore, we presented software that are commonly used to perform the simulations, and for this work we use the Arena ®. From the modeling and animation originated by software Arena ® and reports generated by the software it was possible to develop scenarios fundamental for making strategic business decisions, and show the importance of tool to strengthen the company's market and improve processes with the customer.

Keywords:

Steel Services; Arena; Simulation; Decision Making.

Sumário

1. Introdução	12
1.1. Apresentação	12
1.2. Justificativa	13
1.3. Objetivo	14
1.4. Organização do documento	15
2. Referencial Teórico	16
2.1. Modelagem	16
2.2. Simulação	18
2.2.1. Utilização da Simulação	20
2.2.2. Tomada de decisões com o auxílio da simulação	21
2.2.3. Aplicações da Simulação Computacional	23
2.2.3.1. Manufatura	23
2.2.3.2. Logística	24
2.2.3.3. Serviços	25
2.2.3.4. Médico-Hospitalar	27
2.2.4. Vantagens e Desvantagens da Simulação	28
2.2.5. Metodologia de desenvolvimento da Simulação	30
2.2.6. Software de Simulação utilizado	35
2.2.7. Distribuição Estatísticas	35
2.2.7.1. Distribuição Normal	36
2.2.7.2. Distribuição Exponencial	38
2.2.7.3. Distribuição Gama	39
2.2.7.4. Distribuição Binomial	40
2.2.7.5. Distribuição Poisson	41
2.2.7.6. Distribuição de Weibull	41
3. Apresentação da Empresa	43
3.1. Ambiente de negócios Siderúrgicos	43
3.2. A Empresa	44
3.2.1. Recursos e Processos	45
3.2.2. Processos de Simulação	49
4. Aplicação da Simulação	54
4.1. Planejamento	54
4.1.1. Conceitos iniciais	54
4.1.2. Formulação e análise do Problema	54
4.1.3. Planejamento do Projeto	55
4.1.3.1. Objetivo do Trabalho	55
4.1.3.2. Formação da Equipe de Trabalho	55
4.1.3.3. Definição do Cronograma de Trabalho	57
4.1.3.4. Formulação do Modelo	58
4.1.3.5. Coleta de Dados	60
4.1.3.6. Tradução do Modelo	65
4.1.3.7. Verificação e Validação	74
4.1.3.8. Experimentação	75
4.1.3.8.1. Resultado com 1 Empilhadeira	79
4.1.3.8.2. Resultado com 2 Empilhadeiras e 22 Pallets	82

4.1.3.8.3. Resultado com 2 Empilhadeiras, 22 Pallets e 18 CVS	85
5. Conclusão	88
6. Referências Bibliográficas	90
Anexos	94
Tabela de Coletas de Dados	95
Relatórios dos Processos	98

Lista de figuras

Figura 1: Representação do modelo matemático (Lachtermacher, 2007)	17
Figura 2: Áreas de aplicação da simulação (Vieria, 2006)	20
Figura 3: Passos de um estudo envolvendo modelagem e simulação (Freitas, 2008)	31
Figura 4: Exemplo do software estatístico	36
Figura 5: Representação da curva Normal	37
Figura 6: Representação da curva Exponencial	38
Figura 7: Curva da Distribuição Gama	40
Figura 8: Função Densidade de Weibull para $\beta=2$	42
Figura 9: Ilustração do CVS-Ferrari	45
Figura 10: Modelo do Pallet	45
Figura 11: Representação dos Sistemas integrados	46
Figura 12: Mapa de Processos do Pátio de Placas	47
Figura 13: Ilustração da Empilhadeira de Eletroímã	48
Figura 14: Ilustração do Pátio de Armazenamento de Placas	50
Figura 15: Ilustração do Pátio de Armazenamento de Placas	50
Figura 16: Ilustração da Estação de etiquetagem	51
Figura 17: Trecho pátio de placas – porto	52
Figura 18: Ilustração dos Guindastes	53
Figura 19: Tipos de formatos de definições de papéis PMI® (2004)	56
Figura 20: Organograma da equipe do projeto	56
Figura 21: Etapas de concepção do cronograma, PMI (2004)	57
Figura 22: Cronograma do Projeto	58
Figura 23: Fluxograma do transporte de placas de aço	59

Figura 24: Distribuição estatística do Processo Carregamento de paletes	60
Figura 25: Gráfico da distribuição ajustada da Normal para o carregamento de pallets	61
Figura 26: Resultado dos testes de aderência dos dados do carregamento de pallets	61
Figura 27: Distribuição estatística do Processo Etiquetagem	62
Figura 28: Gráfico da distribuição ajustada Erlang	62
Figura 29: Resultado do teste de aderência do processo de etiquetamento	63
Figura 30: Distribuição estatística do processo Carregamento do Navio	64
Figura 31: Gráfico da distribuição ajustada weibull	64
Figura 32: Resultado do teste de aderência do processo de Carregamento do navio	65
Figura 33: Quantidade de entidades no Processo	68
Figura 34: Blocos básicos para simulação	69
Figura 35: Bloco Separate	70
Figura 36: Bloco hold	70
Figura 37: Móludo pick-up	71
Figura 38: Bloco Assing	71
Figura 39: Ilustração do modelo de Simulação do transporte de placas	72
Figura 40: Ilustração da animação da simulação do transporte de placas	73
Figura 41: Tempo dos Processos	76
Figura 42: Tempo de fila em processo	77
Figura 43: Tempo médio de utilização dos recursos	79
Figura 44: Tempo de fila nos processos	80
Figura 45: Tempo médio de utilização dos recursos	83
Figura 46: Tempo de fila nos processos	84

Lista de tabelas

Tabela 1: Indicadores do PIB do 1º trimestre de 2012	25
Tabela 2: Quantidade em tonelagem de aço produzido em 2011	43
Tabela 3: Entidades, recursos, filas e indicadores dos processos	68
Tabela 4: Comparação do sistema Real X Simulado	75
Tabela 5: Capacidade dos processos em número de pallets – Simulação do sistema Real	78
Tabela 6: Comparação da utilização dos recursos Cenário Real X Cenário 01	80
Tabela 7: Comparação dos resultados do Cenário real X Cenário com 01 empilhadeira	81
Tabela 8: Capacidade dos processos em número de pallets Cenário Real X Cenário 01	82
Tabela 9: Comparação dos recursos utilizados do Cenário real X Cenário 02	83
Tabela 10: Comparação do tempo em fila e Número de Recursos em fila do sistema Real X Cenário 02	84
Tabela 11: Comparação da capacidade dos processos em número de pallets do cenário real X Cenário 02	85
Tabela 12: Tabela de comparação dos Resultados do cenário real X Cenário 03	86
Tabela 13: Comparação do tempo em fila e Número de Recursos em fila do sistema Real X Cenário 03	86
Tabela 14: Comparação da capacidade dos processos em número de pallets do cenário real X Cenário 03	87