



**Marcelo Petersohn Cordeiro da Silva**

**Aproximações para Modelos com níveis de Serviço no  
Sistema de Controle de Estoques (Q,R)**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Produção do  
Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Antonio Fernando de Castro Vieira

Rio de Janeiro

Julho de 2011



**Marcelo Petersohn Cordeiro da Silva**

**Aproximações para Modelos com níveis de Serviço no  
Sistema de Controle de Estoques ( $Q,R$ )**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Antonio Fernando de Castro Vieira**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Luiz Henrique Dal Bello**

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-RIO

**Prof. Fernanda Maria Pereira Raupp**

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-RIO

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 01 de julho de 2011

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

### **Marcelo Petersohn Cordeiro da Silva**

Graduou-se em Engenharia de Produção pela PUC-Rio em 2006. Em 2008, atuou no GESEL (Grupo de Estudos do Setor Elétrico), na UFRJ, trabalhando como assistente de pesquisador em atividades ligadas ao setor. Atualmente trabalha na Centrais Elétricas Brasileiras – Eletrobras, trabalhando na área de Gestão de Riscos.

#### Ficha Catalográfica

Silva, Marcelo Petersohn Cordeiro da

Aproximações para modelos com níveis de serviço no sistema de controle de estoques (Q,R) / Marcelo Petersohn Cordeiro da Silva ; orientador: Antonio Fernando de Castro Vieira. – 2011.

51 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2011.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Modelo de estoque. 3. Nível de serviço. 4. Modelo aproximado. I. Vieira, Antônio Fernando de Castro. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

## Agradecimentos

A meus pais,

Agradeço pelo apoio moral e financeiro em toda a minha formação.

À CNPq e à Puc-Rio,

Pelo auxílio financeiro e acadêmico prestados para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador,

Pelo auxílio e orientação em todo período de construção da dissertação.

A Deus,

Pela saúde que sempre me deu para dar continuidade às minhas atividades.

## Resumo

Silva, Marcelo Petersohn Cordeiro; Vieira, Antônio Fernando de Castro (Orientador). **Aproximações para Modelos com níveis de Serviço no Sistema de Controle de Estoques ( $Q, R$ )**. Rio de Janeiro, 2011. 51p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O nível de serviço “*fill rate*” é uma alternativa viável de quantificação do custo de falta em um modelo de estoque para o Sistema de Controle ( $Q, R$ ). Aproximações deste modelo são importantes para tornar mais simples a busca por sua solução. Uma aproximação é proposta e outras duas são analisadas. Experimentos foram feitos com as três aproximações para verificar o erro da solução encontrada em relação à solução resultante do modelo exato. Foram analisados os casos em que as aproximações são aceitáveis.

## Palavras-Chave

Modelo de estoque; nível de serviço; modelo aproximado.

## Abstract

Silva, Marcelo Petersohn Cordeiro; Vieira, Antônio Fernando de Castro (Advisor). **Approaches for models with service levels in inventory control system (Q,R)**. Rio de Janeiro, 2011. 51p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The fill rate service level is a viable alternative to quantify the penalty cost in a inventory model for control system  $(Q, R)$ . Approximations of this model are important to make a simplest solution. An approximation is proposed and two other are analyzed. Experiments were made with the three approximations to check the error of the solution in relation to the resulting solution of the exact model. So, we defined cases where the approximations are acceptable.

## Keywords

Inventory model; service level; approximate model.

## Sumário

1. Introdução	10
1.1. Motivação	10
1.2. Importância	10
1.3. Objetivos	11
1.4. Estrutura da Dissertação	12
2. Modelo para o Sistema de Controle de Estoque ( $Q, R$ )	13
2.1. Tipos de Sistemas de Controle de Estoque	14
2.2. Propriedades Gerais das Variáveis Aleatórias Contínuas	14
2.2.1. Propriedades Gerais da Distribuição Normal	15
2.3. O Modelo para o Sistema ( $Q, R$ )	17
2.3.1. O Modelo para a Distribuição Normal	20
2.3.2. Uma Aproximação para o Modelo	24
3. Modelo para o Sistema de Controle ( $Q, R$ ) com Nível de Serviço	27
3.1. Modelo com a Formulação Exata	27
3.2. Modelo Aproximado Proposto	31
3.3. Heurística de Silver e Wilson (SW)	33
3.4. Heurística de Platt, Robinson e Freund.	35
4. Análise da Performance das Aproximações	38
4.1. Resultados da Solução do Modelo Exato	38
4.2. Discrepâncias entre o Modelo Exato e a Heurística de Platt, Robinson e Freund	39
4.3 Discrepâncias entre o Modelo Exato e a Aproximação Proposta	42
4.4. Discrepâncias entre o Modelo Exato e a Heurística de Silver e Wilson	45
5. Conclusão	49
6. Referências bibliográficas	51

## Lista de Figuras

Figura 2.1 – Gráfico do Experimento	26
Figura 3.1 – Gráfico $k_1(r_1)$	32
Figura 3.2 – Gráfico $r_1$ versus $k_1(r_1)$ .	34
Figura 4.1 – Discrepância entre as <i>Fill Rate</i> Resultante e Alvo	41
Figura 4.2 – <i>DRP</i> entre os custos do modelo exato e Platt, Robinson e Freund	42
Figura 4.3 – Discrepância entre as <i>Fill Rate</i> resultante e alvo	43
Figura 4.4 – <i>DRP</i> entre os custos do modelo exato e aproximado	44
Figura 4.5 – Gráfico ampliado da <i>DRP</i>	45
Figura 4.6 – Discrepância entre as <i>Fill Rate</i> resultante e alvo	46
Figura 4.7 – <i>DRP</i> entre os custos do modelo exato e Silver e Wilson	47
Figura 4.8 – Gráfico ampliado da <i>DRP</i>	48



## Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Resultados do Experimento – Valores da <i>DRP</i>	25
Tabela 3.1 – Processo iterativo para cálculo dos valores ótimos de <i>q</i> e <i>r</i>	30
Tabela 3.2 – Valores $k_1(r_1)$ para $-2,5 \leq r_1 \leq 2,5$	32
Tabela 3.3 – Valores $k_1(r_1)$ para $-2,5 \leq r_1 \leq 2,5$	34
Tabela 4.1 – Resultados da Solução do Modelo Exato	39
Tabela 4.2 – Discrepância entre as <i>Fill Rate</i> resultante e alvo	40
Tabela 4.3 – Resultados do Experimento – Valores da <i>DRP</i>	41
Tabela 4.4 – Discrepância entre as <i>Fill Rate</i> Resultante e Alvo	43
Tabela 4.5 – Resultados do Experimento – Valores da <i>DRP</i>	44
Tabela 4.6 – Discrepância entre as <i>Fill Rate</i> resultante e alvo	46
Tabela 4.7 – Resultados do Experimento – Valores da <i>DRP</i>	47