



Rogério Ferraz Queiroz Miranda

**Aplicação da tecnologia RFID na cadeia
de suprimento de sobressalentes: um
estudo de caso em navios da Marinha do
Brasil**

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. Marbey Manhães Mosso

Rio de Janeiro
Agosto de 2014



Rogério Ferraz Queiroz Miranda

**Aplicação da tecnologia RFID na cadeia de
suprimento de sobressalentes: um estudo de
caso em navios da Marinha do Brasil**

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. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo
assinada.

Prof. Marbey Manhães Mosso

Orientador

Centro de Estudos de Telecomunicações – PUC-Rio

Prof. Marcelo José Pinho Barbosa

Co-Orientador

Marinha do Brasil

Prof. José Roberto Blaschek

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Profa. Cláudia Barucke Marcondes Paes Leme

Centro de Estudos de Telecomunicações – PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 28 de agosto de 2014.

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

Rogério Ferraz Queiroz Miranda

Graduou-se em Ciências Navais, com habilitação em Administração de Sistemas, do Corpo de Intendentes da Marinha, pela Escola Naval, em 2008. Foi Chefe do Departamento de Intendência da Fragata “Defensora” e participou da ativação do Escritório do Abastecimento junto à Esquadra no que tange às operações de previsão de demanda, obtenção, gestão de estoques e distribuição de itens de suprimento da Marinha do Brasil. Atualmente, cursa Pós-Graduação em Gestão Pública, no Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais Intendentes, pelo Centro de Instrução Almirante Newton Braga, com conclusão em 2014.

Ficha Catalográfica

Miranda, Rogério Ferraz Queiroz

Aplicação da tecnologia RFID na cadeia de suprimento de sobressalentes: um estudo de caso em navios da Marinha do Brasil / Rogério Ferraz Queiroz Miranda ; orientador: Marbey Manhães Mosso, co-orientador: Marcelo José Pinho Barbosa. – 2014.

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

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2014.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Logística. 3. RFID. 4. Cadeia de suprimento. 5. Sobressalentes. 6. Marinha do Brasil. 7. Operações de armazenagem. I. Mosso, Marbey Manhães. II. Barbosa, Marcelo José Pinho. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.5

A meu Salvador
Jesus Cristo

À minha esposa
Raquel Monteiro Ribeiro Miranda

Aos meus pais
Jailton Alves Miranda
Rosangela Ferraz Queiroz Miranda

Agradecimentos

Ao Cristo Jesus, por me conceder graça sobre graça todos os dias da minha vida.

À Marinha do Brasil, por ter me concedido a oportunidade de cursar o Mestrado.

Ao Excelentíssimo Senhor Vice-Almirante, do Corpo de Intendentes da Marinha, da Reserva de 1ª Classe, Edesio Teixeira Lima Júnior, por me tratar com especial consideração, permitindo-me realizar o Mestrado.

Ao Excelentíssimo Senhor Contra-Almirante, do Corpo de Intendentes da Marinha, Diretor do Centro de Controle de Inventário da Marinha, Luiz Carlos Faria Vieira, pelo apoio e confiança depositados em mim para o cumprimento de mais uma missão.

À minha esposa Raquel, minha eterna inspiração, por sempre me incentivar a galgar grandes passos na minha carreira sacerdotal e por ser minha fiel auxiliadora. Sou grato a Deus por ter me presenteado com o seu amor! Te amo!

Aos meus pais Jailton e Rosangela, pela constante abnegação e incomensurável labor durante a minha criação e educação. Sou grato a Deus por ter me privilegiado com o nosso lar. Amo vocês!

Às minhas irmãs Bruna e Gabriela, com as quais comemoro esta vitória, por sempre me incentivarem nesta lide.

À minha avó Darci, por ter cuidado de mim durante toda minha tenra infância e juventude. O Senhor é a nossa fortaleza!

Aos meus sogros Péricles e Marcia, pelo apoio e consideração.

Aos meus antigos chefes navais, Comandantes e Imediatos, em especial ao Capitão-de-Mar-e-Guerra, do Corpo de Intendente da Marinha, Alexandre Rodrigues Viveiros e ao Capitão-de-Fragata Carlos Henrique de Lima Zampieri, que sempre me encorajaram ao aperfeiçoamento técnico-profissional, a fim de prestar o melhor serviço à Marinha.

Aos amigos Luiz Carlos, Pedro Wood e Diego Lopes, irmãos de turma, por terem me apoiado e auxiliado ao longo deste trabalho.

Aos companheiros de Praça D'Armas da Fragata "Defensora", que foi principal modelo deste trabalho, por prestarem informações fundamentais no decorrer da realização do estudo.

Aos companheiros de Praça D'Armas do Centro de Controle de Inventário da Marinha, por sempre me incentivarem, em especial ao PierFranco e ao Claudio Melo por me ajudarem compartilhando seus conhecimentos obtidos neste curso.

Ao Capitão-de-Corveta, do Corpo de Intendente da Marinha, Marcelo José Pinho Barbosa, pela permanente tutoria e seguras orientações ao longo de todo meu curso. Obrigado por todos os ensinamentos (acadêmicos e profissionais) e pela maneira cordial de transmiti-los.

Ao Capitão-de-Corveta, do Corpo de Intendente da Marinha, Thiago José Parreira, Comandante do Corpo de Alunos do Centro de Instrução e Adestramento Almirante Newton Braga, por compreender minhas responsabilidades e me apoiar na árdua situação de conciliar dois cursos simultâneos em diferentes centros de excelência.

À Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, sobretudo ao corpo docente do Mestrado Profissional em Logística, pela disseminação de conhecimentos.

Aos amigos de turma de mestrado pela amizade, em especial aos amigos pertencentes também à família naval, Thadeu da Costa Gigante, Marcelo Reis Bezerra e Rodrigo de Andrade Costa.

Ao professor D.Sc. Marbey Manhães Mosso, pela orientação e paciência durante todo o desenvolvimento do trabalho. Obrigado!

Resumo

Miranda, Rogério Ferraz Queiroz; Mosso, Marbey Manhães (Orientador). **Aplicação da tecnologia RFID na cadeia de suprimento de sobressalentes: um estudo de caso em navios da Marinha do Brasil.** Rio de Janeiro, 2014. 234p. Dissertação de Mestrado (opção profissional) – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Atualmente, muitas organizações visam satisfazer as necessidades de clientes eliminando custos. Novas soluções inovadoras são adotadas para incrementar a eficiência da Logística, e em paralelo, reduzir custos operacionais com a utilização de Tecnologia da Informação (TI). A RFID (identificação por radiofrequência) é a TI que proporciona o incremento da integração, da eficiência e da eficácia em toda a cadeia analisada. Embora existam desafios afiançados para a implementação da tecnologia em materiais metálicos, há aplicações desenvolvidas neste nicho, incluindo pesquisas subsidiadas pela Marinha Americana. Benefícios e vantagens da RFID são expostos: incremento da precisão do inventário, redução do custo da mão de obra, mitigação de erros de registro, incremento dos níveis de serviço, aumento da integração e monitoramento de processos logísticos à jusante da cadeia. Neste contexto, este trabalho tem por objetivos analisar a viabilidade de implantação da tecnologia RFID nas Fragatas Classe Niterói - FCN, conservada a compatibilidade com os sistemas correntes, discorrendo as oportunidades contemporâneas, vantagens e benefícios da tecnologia orientada ao incremento da eficiência na cadeia de suprimentos de sobressalentes das FCN; evidenciar o ganho em custo de mão de obra nas operações de armazenagem e o incremento da precisão de inventário; e avaliar os requisitos técnicos e econômicos para a adoção da RFID nas FCN. Conclui-se que o modelo futuro com a RFID é viável e gera Retorno sobre Investimento - ROI de 2,24 utilizando apenas como benefício à redução do custo de mão de obra. Outros benefícios com base em benchmarking são evidenciados.

Palavras-chave

Logística; RFID; Cadeia de Suprimento; Sobressalentes; Marinha do Brasil; Operações de armazenagem.

Abstract

Miranda, Rogério Ferraz Queiroz; Mosso, Marbey Manhães (Advisor). **Application of RFID technology in the spare parts supply chain: a case study on Brazilian Navy ships**. Rio de Janeiro, 2014. 234p. MSc. Dissertation (opção profissional) - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Currently, many organizations seek to satisfy the needs of customers by eliminating costs. New innovative solutions are adopted to improve the efficiency of Logistics, and in parallel, reduce operational costs with the adoption of Information Technology (IT). RFID (radio frequency identification) is the IT that provides the improvement of integration, efficiency and effectiveness throughout the chain analyzed. Although there are challenges bailed by the technology implementation in metallic materials, there are applications developed on this niche, including researches subsidized by the U.S. Navy. Benefits and advantages of RFID are exposed: improvement of the inventory accuracy, reduction of the cost of labor, mitigation of registry errors, increase service levels, increase of the integration and of logistics processes monitoring towards the downstream chain. In this context, this paper aims to analyze the feasibility of RFID deployment technology in the Niterói Class Frigates - FCN, preserving the compatibility with the current systems, discussing contemporary opportunities, advantages and benefits of technology oriented to increase the efficiency of the FCN spare parts supply chain; show the gain in the cost of labors in warehouse operations and the improvement of the inventory accuracy; and evaluate the technical and economical requirements for the adoption of RFID in the FCN. We conclude that the future model with RFID is feasible and generate Return on Investment (ROI) of 2.24 using only as benefit the decreasing labor cost. Other benefits based on benchmarking are highlighted.

Keywords

Logistics; RFID; Supply Chain; Spare Parts; Brazilian Navy; Warehouse operations.

Sumário

1. Introdução	16
1.1. Importância da Logística	16
1.2. Justificativa	17
1.3. Objetivos da dissertação	19
1.4. Metodologia de pesquisa	19
1.5. Estrutura do trabalho	20
2. Fundamentação Teórica	23
2.1. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos	23
2.1.1. Logística Militar	25
2.1.2. Logística Empresarial	26
2.1.3. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos - SCM	28
2.2. SCM de sobressalentes	33
2.3. Gestão de armazenagem	39
2.3.1. Operações de armazenagem	41
2.3.1.1. Recebimento	43
2.3.1.2. Movimentação	43
2.3.1.3. Armazenagem	44
2.3.1.4. Separação de pedidos	45
2.3.1.5. Expedição	47
2.3.1.6. Inventário	47
2.4. Gestão de estoques	48
2.4.1. Políticas e modelos de gestão de estoques na CS	48
2.4.2. Principais conceitos utilizados em gestão de estoques	50
2.4.2.1. Tipos de Estoque: fabricante, atacado e varejo	50
2.4.2.2. Nível de Serviço ao Cliente	52
2.4.2.3. Estoque Médio	52
2.4.2.4. Estoque Básico	52
2.4.2.5. Estoque de Segurança	53
2.4.2.6. Estoque em trânsito	53
2.4.3. Controle de estoques	53
2.4.4. Gestão de estoques de itens de sobressalentes	54
2.4.4.1. Consumo de itens de sobressalentes	55
2.5. Tecnologia da Informação aplicada à logística	56
2.5.1. TI como fator crítico de sucesso do SCM	56
2.5.2. Sistemas de Informação	58
2.5.2.1. Sistemas de Gestão Integrada - ERP	59
2.5.2.2. Sistemas de Gerenciamento de Armazéns	61
2.6. A tecnologia de identificação por Radio Frequência – RFID	63
2.6.1. O sistema RFID	65
2.6.2. Componentes RFID	69
2.6.2.1. Antenas	69
2.6.2.2. Etiquetas	69
2.6.2.3. Leitor	76
2.6.2.4. Middleware	79
2.6.3. Faixa de Frequência	82

2.6.3.1. Regulamentação de Radiofrequência	83
2.6.3.2. Faixas de Frequências Utilizadas	84
2.6.4. Padronização de estruturas de dados	86
2.6.4.1. Padrões RFID (ISO e EPCglobal)	88
2.6.4.2. EPC – Código Eletrônico de Produto	93
2.6.5. Protocolo Anti-colisão	94
2.6.6. Vantagens dos sistemas RFID	96
2.7. Comentários e Conclusões do capítulo	97
3. Contextualização da tecnologia RFID	99
3.1. Aspectos relevantes para a utilização da RFID	99
3.1.1. Confiabilidade	100
3.1.2. Aspectos de rede	102
3.1.3. Segurança e Privacidade	103
3.1.4. Interoperabilidade	105
3.1.5. Oportunidades contemporâneas de desenvolvimento e melhoria da tecnologia RFID	107
3.1.6 Fatores-chave para alcançar ROI positivo	111
3.2. Benefícios oriundos da aplicação RFID	113
3.3. Aplicações RFID	118
3.3.1. Aplicações RFID no SCM	119
3.3.2. Aplicações RFID na camada varejista	129
3.3.3. Aplicações RFID no SCM militar	132
3.3.4. Desenvolvimento de aplicações RFID em metais	142
3.4. Comentários e conclusões do capítulo	150
4. Quadro Preliminar	152
4.1. Sistema de Abastecimento da Marinha (SAbM)	153
4.2. Sistema de Informações Gerenciais do Abastecimento (SINGRA)	159
4.2.1. SISBORDO Sobressalentes	160
4.3. Fragatas Classe Niterói (FCN): Breve histórico e delimitação da Cadeia de Suprimentos de Sobressalentes	161
4.3.1. Fragatas Classe Niterói: Breve histórico e sua importância	161
4.3.2. Cadeia de Suprimentos de Sobressalentes das FCN	167
4.3.3. Armazéns a bordo das FCN	172
4.3.4. Inventário Rotativo Permanente (IRP)	179
4.3.5. Programa de Organização de Sobressalente (POSE)	180
4.3.6. Compartilhamento de informação na CSS	182
4.4. O Modelo atual da CSS: sem a adoção da RFID	183
4.4.1. Registro de demanda à jusante da CSS	183
4.4.2. Operações de Armazenagem	185
4.4.3. Inventário e POSE	185
4.5. Comentário e conclusões do capítulo	187
5. Análise do Estado Futuro	189
5.1. Análise Técnica	189
5.1.1. Site Survey	189
5.1.1.1. Seleção do <i>Tag</i>	190
5.1.1.2. Frequência Adotada	191

5.1.1.3. Distribuição de Equipamentos	191
5.1.2. Premissas fundamentais para a adoção da RFID	192
5.2. Modelo Futuro da Cadeia de Suprimento de Sobressalentes das FCN: a adoção da RFID	193
5.2.1. Registro da demanda à jusante da CSS	194
5.2.2. Operações de Armazenagem com RFID	195
5.3. Análise Econômica	199
5.3.1. Orçamento de empresa especializada	200
5.3.2. Seleção dos parâmetros para o cálculo do ROI	201
5.3.3. Redução do custo de mão de obra	202
5.3.4. O ganho de acuracia de inventário	203
5.3.5. Resultado econômico	205
5.4. Comentários e conclusões do capítulo	206
6. Conclusão	208
7. Bibliografia	211
Apêndice	228

Lista de figuras

Figura 1: Características da logística clássica x SCM	27
Figura 2: Desenvolvimento da logística até ao SCM	30
Figura 3: Níveis de manutenção dos sistemas de propulsão	35
Figura 4: Estrutura Multi-Identificação	36
Figura 5: Estrutura hierárquica BOM de um motor a diesel	36
Figura 6: Estrutura em grupo	36
Figura 7: Estrutura Multi-Escalão	37
Figura 8: Operações de Armazenagem	42
Figura 9: Depósito Central da FAB: caixas contendo fardas e túneis leitura de RFID	46
Figura 10: Rede de cadeia de suprimentos com 5 varejistas	51
Figura 11: Política de estoques: quando e quanto pedir?	55
Figura 12: Elementos estratégicos do SCM	57
Figura 13: Exemplos de tags	66
Figura 14: Exemplos de leitores	66
Figura 15: Exemplos de antenas	66
Figura 16: Exemplos de uma arquitetura <i>middleware</i>	67
Figura 17: Funcionamento de um sistema RFID	68
Figura 18: Estrutura típica de uma etiqueta RFID	71
Figura 19: Sistema RFID ativo	73
Figura 20: Sistema RFID semi-passivo	75
Figura 21: Sistema RFID passivo	76
Figura 22: Tipos de posicionamento de leitores	78
Figura 23: Faixas especiais das frequências mais utilizadas em RFID	83
Figura 24: Regulamentação para sistemas de radiofrequência	84
Figura 25: Estruturas de dados para cada família GTIN	88
Figura 26: Classes EPCGlobal <i>versus</i> tecnologias de RFID	90
Figura 27: Interface padrão de uma rede EPC	92
Figura 28: Estrutura básica de um EPC	93
Figura 29: Aspectos relevantes para a utilização de RFID	100
Figura 30: Benefícios dos sistemas RFID	111
Figura 31: Custos dos sistemas RFID	112
Figura 32: Centros de gravidade do ROI	113
Figura 33: Benefícios do RFID em operações de armazenagem	114
Figura 34: <i>Tag on-metal Prox-NG</i>	123
Figura 35: Estoque da GATPS e realização de inventário com leitor RFID	129
Figura 36: Três maiores motivos para adoção de RFID no varejo	131
Figura 37: Aplicações RFID no varejo	132
Figura 38: AIT no SCM integrado	135
Figura 39: Conceito de Infraestrutura de Informação Logística Naval	137
Figura 40: Contentores e prateleiras a bordo dos LSC	139
Figura 41: Suprimentos controlados com RFID	140
Figura 42: Softwares e infraestrutura de TI utilizados nos LSC	141
Figura 43: Resultados do Projeto MPAIIS	142

Figura 44: Exemplos de tags on metal adhesive backed	145
Figura 45: Exemplos de tags on metal STI1 e STI2	146
Figura 46: Exemplos de tags on metal	146
Figura 47: Tag Wonder Dog (ALN – 9768)	147
Figura 48: Etiqueta adesiva on-metal Silverline	148
Figura 49: Utilização RFID em condições ambientais severas	149
Figura 50: Configuração das FCN modernizadas	164
Figura 51: Grupo de produtos de um navio de guerra	166
Figura 52: Cadeia de suprimentos de sobressalentes das Fragatas	167
Figura 53: Disposição dos seis armazéns a bordo de cada FCN	171
Figura 54: Ilustração rede de operações das FCN	172
Figura 55: Corredor e Estantes de Aço do Armazém nº12	173
Figura 56: Gaveta de Aço do Armazém nº8 (LOC 080025)	173
Figura 57: Corredores Armazém nº10	174
Figura 58: Modelo atual da CSS	174
Figura 59: Modelo futuro da CSS	193
Figura 60: Equação para cálculo do ROI	205

Lista de tabelas

Tabela 1: Tempo consumido por atividade de picking	46
Tabela 2: Definições para sistema ERP	60
Tabela 3: Classe da etiqueta EPCGlobal	72
Tabela 4: Frequências operacionais RFID	85
Tabela 5: Estruturas do GTIN	87
Tabela 6: Aplicações e características de cada <i>tag</i>	109
Tabela 7: Casos de aplicação RFID	110
Tabela 8: Quantidade de estoque imobilizado em cada navio	169
Tabela 9: Amostra de SKUs armazenados em cada navio	175
Tabela 10: Fluxo de material do DepSMRJ para cada navio entre 2010 e 2013	176
Tabela 11: Tempo médio nas operações de armazenagem.	185
Tabela 12: Tempo médio nas operações de Inventário	186
Tabela 13: Custo modelo futuro para as seis fragatas	201
Tabela 14: Comparação da situação atual com o efetivo proposto utilizando RFID	202
Tabela 15: Redução do custo de mão de obra com o modelo futuro	203
Tabela 16: Aumento da visibilidade de estoques no modelo futuro	205
Tabela 17: Cálculo do ROI	206

“Disse-lhe Jesus: Eu sou o Caminho, e a Verdade e a Vida; ninguém vem ao Pai, senão por mim”

João 14.6