



Tamara de Britto Figueiredo

Aplicações das tecnologias sem fio na logística

Dissertação de Mestrado

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

Orientador: José Eugênio Leal

Rio de Janeiro, abril de 2004.



Tamara de Britto Figueiredo

Aplicações das tecnologias sem fio na logística

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

D. Sc. José Eugênio Leal

Orientador
PUC-Rio

D.Sc. Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo

PUC-Rio

D. Sc. Vânia Barcellos Gouvêa Campos

IME- Instituto Militar de Engenharia

M. Sc. João Célio Brandão

PUC-Rio

D.Sc. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 30 de abril de 2004.

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

Tamara de Britto Figueiredo

Graduou-se em Engenharia com dupla habilitação em Produção e Elétrica (ênfase em Telecomunicações) pela PUC-Rio, em 2001. Trabalhou como bolsista de Iniciação Científica na mesma universidade, participando do Projeto Maxwell (ensino a longa distância). Foi estagiária na Embratel, sendo mais tarde efetivada pela mesma empresa, como Analista de Sistemas. Neste cargo, desempenhou atividades mais relacionadas ao acompanhamento gerencial de projetos, com base nos requisitos do PMI (*Project Management Institute*) (2000-2002). Em 2001 cursou o módulo básico do curso de pós-graduação em Análise de Projetos e Gerência de Sistemas.

Ficha Catalográfica

Figueiredo, Tamara de Britto.

Aplicações de tecnologia sem fio em operações logísticas / Tâmara de Britto Figueiredo ; orientador: José Eugênio Leal. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Engenharia Industrial, 2004.

106 f. : il. ; 30 cm

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

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Logística. 3. Gerenciamento de cadeia de suprimentos. 4. Identificador de rádio-frequência. 5. Tecnologias de acesso sem fio. I. Leal, José Eugênio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

A meus pais e a Deus

Agradecimentos

À minha família pelo constante apoio, amor e incentivo. A meus avós pelo carinho e compreensão.

Ao professor José Eugênio Leal pela orientação e pelo material bibliográfico.

Ao professor João Célio pela atenção e apoio.

À *Intermec Technologies* e à *Seal* por terem propiciado as visitas, assim como pela disponibilização de material informativo. Da mesma forma, à *Globaltrac*, e à *M4U* por terem aberto as portas.

Ao Cícero Nogueira pela atenção e por toda contribuição.

Ao amigo Luiz Felipe Scavarda pela motivação, apoio, e também pelos artigos.

Aos amigos do mestrado por todos os momentos, no decorrer de dois anos de curso. Às amigas Andréa Barcellos, Ana Paula, e Luciana Nunes, pela amizade, presença constante, credibilidade, assim como pelo forte incentivo.

A todos os amigos da graduação e da Petrobrás, e em especial, à Ly Andrade, Renata Hamacher, Adriana Wanderley, Rodrigo Rocha, Bianca de Castro e Carolina Felicíssimo.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro.

À PUC-Rio por ter propiciado as melhores condições e ambiente para a realização desse trabalho.

Resumo

Figueiredo, Tamara de Britto. **Aplicações das tecnologias sem fio na logística**. PUC-Rio, 2004. 106p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As atividades logísticas sofreram grandes transformações no decorrer do século XX, evoluindo de um nível meramente operacional, passando por diferentes fases de integração, alcançando por fim, uma postura estratégica. Em sua última etapa, a Logística assumiu um enfoque mais gerencial, em meio ao qual se desenvolveu o conceito de *Supply Chain Management*. Tal evolução se deu em meio a importantes mudanças econômicas e sociais, as quais repercutiram na transição dos Sistemas de Produção. Os efeitos da globalização aceleraram em muito esse processo. A necessidade de flexibilidade decorrente desses efeitos impulsionou por sua vez, o desenvolvimento de sofisticadas tecnologias da informação. Nas últimas décadas, em virtude da valorização de princípios de mobilidade, observou-se uma forte tendência ao emprego de tecnologias de informação sem fio, em muitas atividades logísticas. O presente trabalho visa fazer um levantamento das principais tecnologias de transmissão de informações por rádio-freqüência, por meio das quais, pode se gerenciar o fluxo bidirecional de informações e materiais, de forma a promover maior grau de integração da cadeia logística. Uma atenção especial foi atribuída a uma mais recente tecnologia de captura de dados: o RFID (*RadioFrequency Identification*), por meio da qual se pode realizar operações de controle e localização de uma entidade, dentro de determinada área de abrangência. O RFID vem aos poucos conquistando mercado no quadro brasileiro, no controle de mercadorias em linha de montagem, e de acesso de veículos. Com base nos resultados de um estudo empírico realizado pelo autor, abrangendo empresas fornecedoras de produtos e serviços da rede sem fio operantes no Brasil, pôde-se analisar alguns impactos da cultura RFID no SCM.

Palavras-chave

Logística, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, Identificador de Rádio-Freqüência, Tecnologias de acesso sem fio

Abstract

Figueiredo, Tamara de Britto. **Wireless Technology Application in logistics**. PUC-Rio, 2004. 106p. M.Sc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Logistics activities suffered great transformations in the twentieth century, evolving from a mere operational level, passing through different stages of integration, and finally attaining a strategic position. In its final stage, Logistics took on a managerial approach within which the concept of Supply Chain Management was developed. This evolution took place amongst important economic and social changes which affected the Production Systems transition. The effects of globalization greatly accelerated this process. The need for flexibility as a result of these effects stimulated, in turn, the development of sophisticated information technologies. In the last decades, with the valuation of mobility principles, a growing trend towards the use of wireless information technologies was observed in many logistics activities. The present work aims at surveying the main radio frequency technologies for information transmission by means of which the bidirectional flow of information and materials can be managed in order to promote a greater degree of integration in the logistics chain. Special attention was attributed to a more recent data capture technology: RFID (Radio Frequency Identification), by means of which operations of control and tracking of an entity can be performed within a certain range. RFID has conquered the Brazilian market in such activities as assembly line merchandise control and vehicle tracking. Some impacts of RFID on the SCM could be analyzed from the results of an empirical study carried out with suppliers of wireless products and services

Keywords

Logistic, Supply Chain Management, Radio-Frequency Identification, Wireless Technology

Sumário

| | |
|--|----|
| 1 Introdução | 12 |
| 1.1. Objeto de pesquisa | 14 |
| 1.2. Motivação | 14 |
| 1.3. Escopo do Trabalho | 14 |
| 1.4. Metodologia de trabalho | 14 |
| 1.5. Estrutura do trabalho | 15 |
| 2 Evolução Logística | 16 |
| 2.1. Evolução do Processo Logístico | 17 |
| 2.1.1. Atuação Segmentada | 19 |
| 2.1.2. Integração Rígida | 21 |
| 2.1.3. Integração Flexível | 22 |
| 2.1.4. Integração Estratégica (SCM) | 23 |
| 2.2. Fatores de Ordem Econômica, Produtiva e Social | 26 |
| 2.3. Necessidade de Flexibilidade | 30 |
| 2.4. Sistemas de Informação | 31 |
| 3 Sistemas de Transmissão sem fio | 34 |
| 3.1. Princípios básicos da transmissão sem fio | 35 |
| 3.2. Redes de Transmissão sem fio | 38 |
| 3.2.1. Sistema Celular | 39 |
| 3.2.1.1. Arquitetura da Rede Celular | 42 |
| 3.2.1.2. Limitantes à Operação Celular | 44 |
| 3.2.2. Sistema de transmissão por Satélites | 45 |
| 3.2.2.1 Características Básicas | 46 |
| 3.2.2.2. Sistemas de telefonia móvel por satélites | 48 |
| 3.2.3 Considerações finais na escolha pela rede de transmissão | 49 |
| 3.3. Tecnologias de captura e transmissão de sinal em rádio-frequência | 50 |
| 3.3.1. Caracterização dos <i>Tags</i> ópticos | 51 |
| 3.4 Serviços e aplicativos da rede de telefonia móvel | 53 |
| 3.4.1. Serviços Baseados em Localização | 54 |

| | |
|--|---------|
| 3.4.2. Sistemas de Posicionamento Global | 55 |
| 3.4.3. Sistemas de Informações Geográficos | 56 |
| 3.5. Aplicações logísticas nos sistemas de transmissão sem fio | 57 |
| 3.5.1. Projeto envolvendo a Rede de Acesso Celular | 60 |
| 3.5.1.1. Medição Objetiva do Trânsito | 61 |
| 3.5.1.2. Identificação e localização de veículos | 63 |
| 3.6. Tendências Futuras para o mercado sem fio | 64 |
| 4 Impacto dos Sistemas RFID na cadeia de suprimentos | 67 |
| 4.1. Principais agravantes no <i>Supply Chain Management</i> | 68 |
| 4.2. Soluções RFID | 70 |
| 4.2.1. Definições Gerais | 71 |
| 4.3. Influência do RFID no <i>Supply Chain Management</i> | 75 |
| 4.3.1 Gerenciamento de descarte do produto | 77 |
| 4.3.2. Exemplos de aplicações do RFID | 78 |
| 4.3.2.1 Gerenciamento de peças na linha de montagem | 78 |
| 4.4 Obstáculos na implementação do RFID | 82 |
| 4.4.1. Custos | 82 |
| 4.4.2. Cultura Organizacional | 83 |
| 4.4.3. Compatibilidade | 83 |
| 4.4.4. Confiabilidade | 84 |
| 4.4.5. Privacidade | 84 |
| 5 Estudo Empírico | 85 |
| 5.1. Empresas fornecedoras de <i>software</i> | 86 |
| 5.1.1. Globaltrac | 86 |
| 5.1.1.1. Modalidades de serviços | 87 |
| 5.1.2. M4U | 89 |
| 5.2. Empresas fornecedoras de <i>hardware</i> | 90 |
| 5.2.1. Intermec Technologies | 90 |
| 5.2.2. Seal | 94 |
| 6 Considerações Finais | 99 |
| Bibliografia | 104 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Evolução do Pensamento Logístico. | 18 |
| Figura 2: Duto Rígido de PVC | 21 |
| Figura 3: Mangueira Flexível. | 23 |
| Figura 4: Integração Plena | 24 |
| Figura 6: Modulação em Frequência | 36 |
| Figura 8: Arquitetura Celular | 43 |
| Figura 8: Gerenciamento a nível de item | 69 |
| Figura 9: Código eletrônico do produto | 72 |
| Figura 10: componentes do RFID | 72 |
| Figura 11: RFID na Volkswagen | 79 |
| Figura 12: Atuação das empresas | 85 |
| Figura 13: Ponto de Acesso Universal | 92 |
| Figura 14: Scanner e Estação-Base | 93 |
| Figura 15: PDA | 93 |
| Figura 16: Impressora | 94 |
| Figura 17: Acesso por conexão satélite | 95 |
| Figura 18: Operações Logísticas | 96 |

Lista de quadros

| | |
|-------------------------------------|----|
| Quadro 1: Mudança de paradigmas | 28 |
| Quadro 2: Tecnologias de Informação | 33 |
| Quadro 3: Sistemas de satélite | 47 |