



Centro Universitário de Brasília
Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas
Curso de Engenharia da Computação
Projeto Final

Sistema de Controle de Inventário Através da Tecnologia RFID

Thiago Luiz Leite Ribeiro da Costa
RA: 2046610/3

Monografia de Conclusão do Curso de Engenharia de
Computação

Orientador: Gleyson Azevedo da Silva

Brasília – DF, 2009

Thiago Luiz Leite Ribeiro da Costa

**Sistema de Controle de Inventário Através da
Tecnologia RFID**

Trabalho apresentado ao Centro
Universitário de Brasília (UniCEUB)
para a Faculdade de Tecnologia e
Ciências Sociais Aplicadas (FATECS)
como pré-requisito para a obtenção do
título de Bacharelado em Engenharia
de Computação.

Orientador: Gleyson Azevedo da Silva

Brasília – DF, 2009

Thiago Luiz Leite Ribeiro da Costa

Sistema de Controle de Inventário Através da Tecnologia RFID

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB) para a Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas (FATECS) como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Computação.

Orientador: Gleyson Azevedo da Silva

Componentes da Banca Examinadora				
	Nome	Titulação	Assinatura	Instituição
1	José Jumilá	Mestrado		UniCEUB
2	Luís Cláudio	Mestrado		UniCEUB
3				

Dedico este trabalho a toda minha família. A meu pai, minha mãe, meus irmãos, meu avô, minha avó, meus tios, minhas tias, meus primos e minhas primas. Estendo essa dedicatória a toda minha família espiritual.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família pelo apoio incondicional à realização de todos meus projetos de vida. Estendo o agradecimento a toda espiritualidade de luz superior que me guia nessa vida transitória pela terra. Além disso, agradeço também a todo corpo docente do Curso de Engenharia de Computação do UniCEUB pelo suporte e pela paciência nesses cinco anos de estudos. Também agradeço a Deus pela dádiva da vida eterna e pela possibilidade de viver entre amigos que tanto tem a me ensinar.

Não esquecendo dos amigos Paulo Arthur, Tiago Osório e do prof. Gleyson Azevedo pela ajuda no desenvolvimento do projeto. A meu pai Oli Ribeiro da Costa agradeço a ajuda na construção da maquete e pelo apoio prestado no decorrer da minha vida. A minha mãe Débora Catarina agradeço o apoio emocional que sempre está a me dar e por todas broncas devidamente necessárias. Por fim, agradeço meus irmãos Pedro, Daniel e o praticamente irmão Brenno pelos momentos lúdicos proporcionados que tanto me ajudaram a desopilar no decorrer desse tão importante projeto.

“É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se a derrota, do que formar fila com os pobres de espírito que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem nessa penumbra cinzenta que não conhece vitória nem derrota.”

Theodore Roosevelt

RESUMO

COSTA, Thiago. **Sistema de controle de inventário através da tecnologia RFID;**

Prof. Orientador: Gleyson Azevedo da Silva;

Brasília : UniCEUB, 2009, 110 paginas, Monografia de Conclusão de Graduação.

O objetivo do projeto final é a criação de um sistema para controle de inventários, que neste trabalho é entendido como estoque de produtos. Esse sistema de controle de estoque é focado em pequenas empresas (lojas varejistas) e faz utilização da tecnologia denominada identificação via radiofrequência (*Radio Frequency Identification* - RFID) para identificação dos produtos. O sistema é genérico e, por isso, pode ser utilizado em qualquer ramo de comércio. Ele manterá o inventário de produtos sempre atualizado para um melhor controle dos estoques e para facilitar o pedido de novos produtos aos fornecedores. Esse ambiente também contará com uma segurança lógica para a empresa em questão, pois ele criptografa o ID único de cada etiqueta RFID instalada nos produtos antes da gravação no banco de dados. Além da segurança lógica, há uma implementação de segurança física no projeto. Serão instalados leitores RFID nas portas de saída. Caso o produto não tenha sido pago, as portas não abrirão e um alarme é disparado. Como se trata de um trabalho para conclusão de curso, a empresa será uma maquete construída em material plástico devido ao alto custo de implantação em ambientes convencionais. Finalizando, o projeto utilizará tecnologias consagradas, como a linguagem de programação Java, e tecnologias mais recentes, como o RFID, para o desenvolvimento de uma aplicação no ramo da Engenharia de Computação.

Palavras-chaves:

RFID, estoque, inventário, segurança;

ABSTRACT

The final project's objective is the creation of an inventory control system, which is understood as product stock control in this work. This stock control system is focused in small corporations (retail stores) and uses Radio Frequency Identification as the technology to identify the products. It is a generic system, so it can be used in any commercial field. The system will maintain the product inventory always up to date to a better stock control and to facilitate the order of new products to their suppliers. This environment will count with a logical security implementation to the store. Before the product registration in the database, the unique id of each RFID tag installed in the products will be ciphered. Besides the logical security, there will be a physical security implementation. It will be installed RFID readers in the exit doors. If a product has not been paid, the doors won't open and the alarm will be ringed. As it is a conclusion of course work, the company will be a model built in plastic material due to the high cost of deployment in conventional environments. Concluding, the project will use established technologies, like the Java programming language, and more recent technologies, like RFID, to develop an application in the Computer Engineering field.

Key-words:

RFID, stock, inventory, security;

LISTAS DE FIGURAS

.....	10
FIGURA 1: O USO DA REFLEXÃO DE ONDA PARA COMUNICAÇÃO COM O OPERADOR DE RADAR.....	10
.....	12
FIGURA 2: SISTEMA DE PAGAMENTO DE PEDÁGIOS AUTOMÁTICO.....	12
.....	12
FIGURA 3: EXEMPLO DE UM SISTEMA RFID.....	12
.....	15
FIGURA 4: COMPONENTES DA TAG RFID.....	15
.....	18
FIGURA 5: EXEMPLO DE UMA TAG PASSIVA.....	18
.....	19
FIGURA 6: EXEMPLO DE TAG SEMI-PASSIVA.....	19
.....	20
FIGURA 7: TAGS PASSIVAS VERSUS TAGS ATIVAS.....	20
.....	21
FIGURA 8: FATORES QUE AFETAM A FAIXA DE LEITURA DAS TAGS.....	21
.....	22
FIGURA 9: FUNCIONAMENTO DO ACOPLAMENTO INDUTIVO.....	22
.....	23
FIGURA 10: FREQUÊNCIAS VERSUS TÉCNICA DE COMUNICAÇÃO.....	23
.....	24
FIGURA 11: PROCESSO DE LEITURA DE TAGS.....	24
.....	30
FIGURA 12: EXEMPLO DE UM OBJETO.....	30
.....	31
FIGURA 13: PEDAÇO DA CLASSE PRODUTO QUE FAZ PARTE DO PROJETO FINAL.....	31
.....	32
FIGURA 14: EXEMPLIFICANDO A HERANÇA.....	32
.....	33
FIGURA 15: EXEMPLO DE PACOTE RETIRADO DO PROJETO.....	33
.....	33
FIGURA 16: PARTE DA PLATAFORMA JAVA2 STANDARD EDITION 5.0.....	33
.....	34
FIGURA 17: EXEMPLO DE COMPILAÇÃO NA LINGUAGEM C.....	34
.....	34
FIGURA 18: CÓDIGO COMPILADO PARA UM SISTEMA OPERACIONAL ESPECÍFICO.....	34
.....	35
FIGURA 19: FLUXOGRAMA DE COMPILAÇÃO E EXECUÇÃO DO JAVA.....	35

.....	41
FIGURA 20: PROGRAMA RF DUMP-PDA EM EXECUÇÃO.....	41
.....	45
FIGURA 21: ESQUEMÁTICO SIMPLÓRIO EXEMPLIFICANDO A GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	45
.....	46
FIGURA 22: CURSO DE RFID OFERECIDO PELA CSCMP.....	46
.....	47
FIGURA 23: TABELA DOS PRODUTOS CADASTRADOS AINDA EM FASE DE TESTES.....	47
.....	48
FIGURA 24: FLUXOGRAMA DA VISÃO GERAL DO PROJETO.....	48
.....	49
FIGURA 25: TOPOLOGIA DO PROJETO.....	49
.....	53
FIGURA 26: CADASTRO DE PRODUTOS EM FUNCIONAMENTO.....	53
.....	53
FIGURA 27: MÓDULO DE RELATÓRIO EM FUNCIONAMENTO.....	53
FIGURA 28: SISTEMAS DE CADASTRO E DE VENDA EM FUNCIONAMENTO.....	54
.....	54
FIGURA 29: SISTEMA DE SEGURANÇA EM FUNCIONAMENTO.....	54
.....	56
FIGURA 30: LEITOR RFID – PHIDGET.....	56
.....	57
FIGURA 31: ESQUEMÁTICO DO LEITOR RFID – PHIDGET.....	58
.....	58
FIGURA 32: KIT DO MOTOR DE PASSO.....	58
.....	59
FIGURA 33: PHIDGET CONTROL PANEL.....	59
.....	60
FIGURA 34: FERRAMENTAS UTILIZADAS NESSE PROJETO.....	60
.....	61
FIGURA 35: DIAGRAMA DO BANCO DE DADOS.....	61
.....	63
FIGURA 36: PACOTES UTILIZADOS PARA A PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA.....	63
FIGURA 37: RELACIONAMENTO ENTRE AS CLASSES COMPONENTES DO PACOTE “CLASSES BASICAS”.....	63
.....	64
FIGURA 38: RELACIONAMENTO ENTRE AS CLASSES COMPONENTES DO PACOTE “CLASSES DAO”.....	64
.....	65
FIGURA 39: RELACIONAMENTO DAS CLASSES DO PACOTE “CLASSES MIDDLEWARE” E A CLASSE VISAO.....	65
.....	65

FIGURA 40: RELACIONAMENTO DA CLASSE AES COM A CLASSE VISAO.....	65
.....	66
FIGURA 41: RELACIONAMENTO ENTRE A CLASSE MIDDLEWARERFIDSC E AS CLASSES DO PACOTE LISTENERSSC.....	66
.....	68
FIGURA 42: CADASTRO DE PRODUTOS EM FUNCIONAMENTO.....	68
.....	69
FIGURA 43: MÓDULO DE CADASTRO EM FUNCIONAMENTO.....	69
.....	69
FIGURA 44: MIDDLEWARESC E SEUS LISTENERS.....	69
.....	71
FIGURA 45: MÓDULO DE VENDA EM FUNCIONAMENTO.....	71
.....	72
FIGURA 46: SISTEMA DE SEGURANÇA.....	72
.....	72
FIGURA 47: CÓDIGO QUE IMPLEMENTA O A VERIFICAÇÃO DE ESTADO.....	72
.....	73
FIGURA 48: MÓDULO DE RELATÓRIO EM FUNCIONAMENTO.....	73
.....	74
FIGURA 49: MODELAGEM DA MAQUETE NO SOFTWARE GOOGLE SKETCHUP.....	74
.....	76
FIGURA 50: MAQUETE CONSTRUÍDA EM ACRÍLICO.....	76
.....	77
FIGURA 51: MÓDULO DE CADASTRAMENTO DE PRODUTOS.....	77
.....	78
FIGURA 52: MÓDULO DE CADASTRAMENTO.....	78
.....	78
FIGURA 53: FLUXO DE INFORMAÇÕES ATÉ O MÓDULO DE CADASTRO.....	78
.....	79
FIGURA 54: MÓDULO DE VENDA.....	79
.....	79
FIGURA 55: FLUXO DE INFORMAÇÕES ATÉ AGORA.....	79
.....	80
FIGURA 56: MÓDULO DE SEGURANÇA.....	80
.....	80
FIGURA 57: FLUXO DE INFORMAÇÕES ATÉ O MOMENTO.....	80
.....	81
FIGURA 58: MÓDULO DE RELATÓRIO EM EXECUÇÃO.....	81
.....	90

LISTAS DE TABELAS

TABELA 1: FREQUÊNCIAS EM QUE SISTEMAS RFID PODEM OPERAR.....	17
TABELA 2: FREQUÊNCIAS UHF ALOCADAS AO REDOR DO MUNDO.....	17
TABELA 3: VANTAGENS VERSUS DESVANTAGENS DA CONEXÃO SERIAL.....	26
TABELA 4: VANTAGENS VERSUS DESVANTAGENS DA CONEXÃO VIA REDE.....	26
TABELA 5: DESCRIÇÃO DA TABELA “FORNECEDOR”	61
TABELA 6: DESCRIÇÃO DA TABELA “PRODUTO”	62
TABELA 7: DESCRIÇÃO DA TABELA “INVENTÁRIO”	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3DES	Triple Data Encrytion Standard
AC	Alternating Current
AES	Advanced Encryption Standard
API	Application Programming Interface
CD	Compact Disc
CI	Circuito Interno
CSCMP	Council of Supply Chain Management Professionals
DC	Direct Current
DNS	Domain Name System
DOS	Denial of Service
EPC	Electronic Product Code
GNU	GNU is Not Unix
GPS	Global Positioning System
GUJ	Grupo de Usuários Java
IFF	Identify Friend or Foe
IP	Internet Protocol
J2ME	Java 2, Micro Edition
J2SE	Java 2, Standard Edition
JDK	Java Development Kit
JRE	Java Runtime Environment
JVM	Java Virtual Machine
MAC	Media Access Control
MD5	Message-Digest algorithm 5
NIST	National Institute of Standards and Technology

PDA	Personal Digital Assitant
PDCA	Plan, Do, Check, Act
RAF	Royal Air Force
RFID	Radio Frequency Identification
SCM	Supply Chain Management
UniCEUB	Centro Universitário de Brasília
WWW	World Wide Web

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
LISTAS DE FIGURAS	IX
LISTAS DE TABELAS	XII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XIII
SUMÁRIO	XV
INTRODUÇÃO.....	1
1.1.1. <i>Justificativa</i>	2
1.1.2. <i>Objetivo Geral</i>	3
1.1.3. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.1.4. <i>Escopo do trabalho</i>	4
1.1.5. <i>Resultados esperados</i>	5
1.1.6. <i>Estrutura da monografia</i>	6
1.2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	7
1.2.1. <i>Problema</i>	7
1.2.2. <i>Soluções existentes</i>	7
1.2.3. <i>Consequências da persistência do problema</i>	8
1.2.4. <i>Benefícios da solução apresentada</i>	8
1.3. TECNOLOGIA RFID.....	10
1.3.1. <i>Introdução</i>	10
1.3.1.1. Breve histórico sobre utilização do RFID.....	10
1.3.1.2. Funcionamento de um sistema RFID.....	12
1.3.2. <i>Componentes do sistema RFID</i>	13
1.3.2.1. Tags RFID.....	13
1.3.2.1.1. Componentes da tag RFID.....	13
1.3.2.1.2. Frequências de operação da tag.....	16
1.3.2.1.3. Tipos de tag.....	17
1.3.2.1.4. Faixa de leitura das tags.....	21
1.3.2.1.5. Técnicas de comunicação.....	22
1.3.2.2. Leitores RFID.....	23
1.3.2.2.1. Entendendo leitores RFID.....	24
1.3.2.2.2. Componentes do leitor RFID.....	24
1.3.2.2.3. Tipos de leitores.....	25
1.3.2.2.4. O que um leitor pode fazer?.....	25
1.3.3. <i>Conclusão</i>	27
1.4. LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO — JAVA.....	28
1.4.1. <i>Introdução</i>	28
1.4.2. <i>Conceitos sobre Java</i>	29
1.4.2.1. Java.....	29
1.4.2.2. Programação orientada a objetos.....	30
1.4.2.3. Componentes do Java.....	33
1.4.3. <i>Conclusão</i>	36
1.5. SEGURANÇA APLICADA AO PROJETO.....	37
1.5.1. <i>Conceitos básicos de segurança da informação</i>	37
1.5.2. <i>Segurança aplicada ao projeto</i>	38
1.5.2.1. Introdução.....	38
1.5.2.2. Criptografia utilizada no projeto.....	38
1.5.2.2.1. Conceito básico de criptografia.....	38
1.5.2.2.2. Mudança de criptografia utilizada.....	39
1.5.2.2.3. Criptografia Simétrica AES.....	39
1.5.3. <i>Ataques a sistemas RFID</i>	40
1.5.3.1. Manipulação da Frequência de Rádio.....	40
1.5.3.1.1. Ataque spoofing.....	40

1.5.3.2. Manipulação da informação da tag.....	41
1.5.3.3. Ataque ao banco de dados.....	42
1.5.4. <i>Conclusão</i>	42
1.6. CADEIA DE ABASTECIMENTO E CONTROLE DE INVENTÁRIO.....	43
1.6.1. <i>Cadeia de abastecimento</i>	43
1.6.1.1. Introdução.....	43
1.6.1.2. Conceito.....	43
1.6.1.3. Contextualização com o projeto final.....	45
1.6.2. <i>Controle de inventário</i>	46
1.6.2.1. Introdução.....	46
1.6.2.2. Conceitos.....	46
1.6.2.2.1. Inventário.....	46
1.6.2.2.2. Controle de inventário.....	47
1.6.2.3. Contextualização com o projeto final.....	47
1.7. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO FÍSICO.....	48
1.7.1. <i>Apresentação geral do modelo proposto</i>	48
1.7.1.1. Visão geral do projeto.....	48
1.7.1.2. Topologia do projeto.....	49
1.7.1.2.1. Descrição dos elementos da topologia.....	49
1.7.1.2.2. Descrição das interligações entre os elementos da topologia.....	51
1.7.1.2.2.1. Interligações referentes às Ferramentas de controle.....	51
1.7.1.2.2.2. Interligações referentes aos Sistemas gestores.....	52
1.7.1.2.3. Descrição do Sistema de inventário em funcionamento.....	53
1.7.1.3. Descrição do hardware e maquete.....	55
1.7.1.3.1. Utilização do hardware no projeto.....	55
1.7.1.3.2. Leitor RFID – Phidget.....	55
1.7.1.3.2.1. Porque o leitor RFID – Phidget?.....	55
1.7.1.3.2.2. Características técnicas do leitor.....	56
1.7.1.3.2.3. Protocolo utilizado.....	57
1.7.1.3.2.4. Comunicação e efetividade.....	57
1.7.1.3.3. Motor de passo – Phidget.....	58
1.7.1.3.3.1. Porque o motor de passo – Phidget?.....	58
1.7.1.3.3.2. Características técnicas do motor de passo.....	58
1.7.1.3.3.3. Controlador do motor de passo.....	59
1.7.1.3.3.4. Motor de passo.....	59
1.7.1.3.4. Phidget Control Panel.....	59
1.7.1.4. Metodologia e ferramentas empregadas.....	60
1.7.1.5. Diagramas de dados e de software.....	61
1.7.1.5.1. Diagrama de dados.....	61
1.7.1.5.1.1. Descrição do diagrama de dados.....	61
1.7.1.5.2. Diagrama de software.....	63
1.7.1.5.2.1. Pacote “classesBasicas”.....	63
1.7.1.5.2.2. Pacote “classesDAO”.....	64
1.7.1.5.2.3. Pacote “classesMiddleware”.....	65
1.7.1.5.2.4. Pacote “classesSeguranca”.....	65
1.7.1.5.2.5. Pacotes “listeners...”.....	66
1.7.2. <i>Descrição das etapas do Sistema de inventário</i>	67
1.7.2.1. Cadastro de produtos.....	68
1.7.2.2. Módulo de cadastro.....	69
1.7.2.3. Módulo de venda.....	71
1.7.2.4. Módulo de segurança.....	72
1.7.2.5. Módulo de relatório.....	73
1.8. APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO.....	74
1.8.1. <i>Ambiente de simulação</i>	74
1.8.2. <i>Descrição da aplicação</i>	76
1.8.2.1. Descrição do módulo Cadastramento de produtos.....	77
1.8.2.2. Descrição do módulo de cadastramento.....	78
1.8.2.3. Descrição do módulo de venda.....	79
1.8.2.4. Descrição do módulo de segurança.....	80
1.8.2.5. Descrição do módulo de relatório.....	81
1.8.3. <i>Avaliação global do modelo de solução proposto</i>	82
1.9. CONCLUSÃO.....	83
1.9.1. <i>Conclusões</i>	83
1.9.2. <i>Sugestão para trabalhos futuros</i>	83

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
APÊNDICES.....	89
ANEXOS.....	90

INTRODUÇÃO

O constante avanço tecnológico em diversas áreas tem um primordial foco: o bem estar do ser humano. Técnicas que revolucionam a medicina, processadores capazes de prever catástrofes, celulares cada vez mais poderosos, alimentos mais saudáveis, dentre tantas outras novidades estão constantemente a surgir. Coexistindo entre tantas tecnologias exuberantes, há um nicho de mercado que normalmente é menosprezado pelo consumidor final: a cadeia de abastecimento.

A cadeia de abastecimento é um ramo em voga atualmente devido à sua importância num mundo globalizado. O mérito dado a temas correlacionados com logística e gestão da cadeia de abastecimento está em crescimento, e já faz parte da diferenciação estratégica entre empresas. Assim, a procura pela melhor gerência da cadeia de abastecimento é essencial para manter o negócio competitivo. Tecnologias como o código de barras tem grande importância nesse contexto. Além dela, novas tecnologias como a identificação via radiofrequência (*Radio Frequency Identification* – RFID) estão despontando no cenário mundial.

Dentro desse abrangente mundo que é a gerência de cadeia de abastecimento, esse trabalho focará seus estudos na ponta final do sistema. Ou seja, no controle de inventário de lojas de varejo. A utilização da tecnologia RFID em paralelo ao atual código de barras atuará como base para uma agilidade e flexibilidade impensáveis em momentos passados. Não só a cadeia de abastecimento ganhará com essa integração, mas principalmente o consumidor final.

Assim, o trabalho em questão tratará de um nicho de mercado que muitas vezes é dispensado pelos entusiastas tecnológicos. Contudo, trará uma maior mobilidade e segurança no modo de fazer compras. Dessa forma, é de grande necessidade a constante pesquisa em todas as possíveis áreas. Pois, como exposto anteriormente, o bem estar do ser humano sempre será a motivação para engenheiros, cientistas, médicos, biólogos, e entre todos os geradores de conhecimento.

1.1.1. Justificativa

A vantagem competitiva é algo que as empresas tendem a procurar nos dias de atuais. Novas posturas em termos de agilidade, flexibilidade, resposta rápida ao cliente e assim por diante devem ser adotadas pelas corporações competitivas. Por esses motivos, as grandes companhias estão a adotar tecnologias para auxiliar a realização das suas atividades com o melhor desempenho alcançado (SCHERER; DIDONET, 2009).

Assim, devido ao vasto desenvolvimento das grandes empresas e da globalização contínua, novos produtos e serviços são constantemente desenvolvidos. Dessa forma, faz-se necessário o aumento da agilidade de transporte tanto de matérias primas quanto de produtos manufaturados dentre as várias corporações integrantes da cadeia de abastecimento global (SCHERER; DIDONET, 2009).

Conforme pesquisa, o RFID mostrou-se a proposta mais adequada para automatizar partes deste imenso processo. O RFID possui maior rastreabilidade comparado ao código de barras, além de não necessitar de contato visual com o produto marcado. A tecnologia de identificação por radiofrequência também é menos propensa a desgaste físico como acontece com o código de barras (XAVIER, 2009).

Num ambiente cada vez mais competitivo faz-se necessária a adoção de estratégias para a automação de processos repetitivos. Tecnologias como o código de barras não são totalmente confiáveis, pois exige contato visual com a leitora e pode ser danificado com facilidade. Além disso, só um produto pode ser identificado por vez e pouca informação é guardada no código de barras. No caso das etiquetas RFID, há várias vantagens dentre as seguintes:

- Cada produto tem um único ID para identificação;
- Intervenção humana reduzida;
- Cadeias de abastecimento mais ágeis (pode-se ler mais de uma etiqueta RFID por vez);

- Fluxo em tempo real da informação;
- Segurança dos produtos etiquetados é aumentada
 - Pode-se definir um espaço em que a tag será confinada;
 - Pode-se fazer uma verificação do estado do produto antes da saída da loja. * (Segurança utilizada no projeto)
- Reutilização da etiqueta RFID;
 - É passível de reutilização.

Hodiernamente a excelência no atendimento ao cliente é um dos fatores primordiais para a continuidade do negócio, portanto a utilização de tecnologias que auxiliem a entrega de serviços de qualidade é indispensável. Em um primeiro momento o investimento numa tecnologia emergente é alto, contudo com o passar dos anos torna-se fator determinante para atuação competitiva no mercado. Dentre tantos outros fatores, a satisfação do cliente e redução de custos são as grandes justificativas para a realização de projetos na área de engenharia de computação.

1.1.2. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é a criação de um sistema que atenda a uma parte do gerenciamento da cadeia de suprimentos e melhore o processo de controle de inventário. Nesse caso específico ao gerenciamento localizado na loja de varejo modelada. Com o objetivo primordial de atender ao atual panorama que exige uma grande agilidade no controle e gerenciamento de estoque de produtos, visando aumentar a eficiência e reduzir os custos (FAHL, 2005; JOURNAL, 2009).

1.1.3. Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Especificar sistema que permita agilizar parte do processo de inventário de pequenas empresas (controle de estoque a partir do cadastramento e venda simbólica de produtos).
- Facilitar o pedido de novos produtos aos fornecedores da loja de varejo modelada.
- Desenvolver sistema desktop que facilite o registro dos produtos que entram na empresa, a monitoração dos produtos que estão no recinto da empresa e o controle dos produtos vendidos.
- Implantar segurança física na saída da loja (verificação do estado do produto ao sair da loja) e segurança dos dados no banco de dados (ID único do produto criptografado).

1.1.4. Escopo do trabalho

O projeto a ser apresentado para banca examinadora não fará toda a gerência de cadeia de abastecimento e nem todo o controle de inventário. A implantação de todos os processos relacionados a essas áreas acarretaria em um sistema gigantesco e extremamente complexo, o que não é o objetivo central do projeto final de graduação.

No que concerne a cadeia de abastecimento, a solução ajudará ao responsável pelo estoque a fazer os pedidos aos fornecedores antes que os produtos acabem. Já em relação ao controle interno de inventário, a solução idealizada fará o cadastro dos produtos em sua entrada, o controle dos produtos vendidos e também manterá a loja segura de furtos. O sistema em si é composto de três módulos: sistema de cadastro, sistema de venda e sistema de segurança. Cada módulo é acessado no momento exato de utilização.

No cadastro, o sistema manterá informações básicas sobre o produto como: id único do produto, nome, marca, modelo e preço. O id será conseguido a partir da etiqueta RFID (conceito a ser explicado no capítulo 3) e é gravado no banco de dados após ter sido criptografado utilizando o algoritmo do padrão avançado de criptografia (*Advanced Encryption Standard* – AES).

Na venda, o sistema fará uma *query* (*pesquisa*) ao banco de dados para saber qual é o produto lido. Dessa forma, de acordo com as leituras realizadas, uma lista dos produtos a serem vendidos é gerada. Assim que o consumidor fizer o “pagamento”, o atendente fará a venda. A venda em si muda o estado dos produtos listados para “Pago”. A gestão financeira da loja não faz parte do escopo do projeto. A venda realizada somente muda o estado do produto de “Não pago” para “Pago”.

O sistema de segurança fará o papel de verificador de estado dos produtos prestes a saírem da loja. O leitor de segurança fará uma leitura por vez. A cada leitura, uma *query* será realizada ao banco de dados para verificar o estado atual do produto: “Pago” ou “Não pago”. Caso os produtos listados estejam pagos, a porta abrirá no mesmo momento. No caso do produto não pago, a porta não abrirá e um alarme soará.

1.1.5. Resultados esperados

O projeto final tem como principais resultados o controle de cadastramento, o controle de venda, e o controle de segurança dos produtos. Dessa forma, visa-se atuar como ferramenta auxiliar para o controle do inventário da loja modelada. Abaixo são destacados em estrutura de marcadores os resultados esperados.

- Fazer o cadastro de produtos no banco de dados de inventário;
- Criptografar o id único de cada produto no padrão avançado de criptografia (*Advanced Encryption Standard* – AES) antes de se gravar no banco de dados de inventário;
- Fazer a venda de produtos e, nesse momento, trocar seu estado para “Produto pago”;

- Fazer a segurança física na saída da loja. Caso um dos produtos que se deseja retirar da loja não tenha sido pago, a porta de saída não abrirá e um alarme sonoro será disparado.
- E o resultado principal é auxiliar o processo de cadastro, venda e segurança física da loja.

1.1.6. Estrutura da monografia

A monografia está estruturada em dez capítulos. O primeiro capítulo é a introdução da monografia. Nesse capítulo há um nivelamento de expectativas quanto ao ambiente em que o projeto se enquadra. Já no segundo capítulo, o problema a ser resolvido é apresentado. Além disso, as soluções existentes no mercado são expostas. Assim como as consequências da não implantação do projeto e os benefícios trazidos com sua implantação. Do terceiro ao sexto capítulo são apresentados o referencial teórico que embasa o projeto. O terceiro capítulo trata em detalhes uma das tecnologias foco do projeto, que é o RFID. Todos os componentes de um sistema RFID são explicados minuciosamente. O quarto capítulo faz um *overview* (visão geral) sobre a linguagem de programação Java. Já no quinto capítulo, a segurança aplicada ao projeto é explanada. O sexto capítulo trata da cadeia de abastecimento e do controle de inventário. Nesse capítulo será dada uma visão geral sobre a cadeia de suprimentos e sobre a gerência de inventários. Já o sétimo capítulo é a explicação sobre os passos necessários para a implementação do projeto físico. No oitavo capítulo será tratada a aplicação em si. Nesse capítulo, o ambiente de simulação, a descrição da aplicação e a avaliação global da solução serão tratados. E o nono capítulo trata sobre a conclusão, os resultados obtidos com projeto e as propostas de projetos futuros.

1.2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

1.2.1. Problema

A gestão da cadeia de abastecimento aliado a um bom controle interno de inventário tem sido alvo de grandes empresas. As cadeias de abastecimento interligam todos os participantes de forma organizada e estruturada. Para manter essa cadeia em um fluxo constante de informações atualizadas, é necessário muito trabalho e esforço dos seus participantes. Dessa forma, a adoção da tecnologia de identificação por rádio frequência é de grande valia na sua automatização (SCHERER; DIDONET, 2009).

A gerência da cadeia de abastecimento aliada a um bom controle de inventário trazem inúmeras vantagens ao negócio. Tendo em vista os consumidores do século XXI, os quais são muito mais exigentes, o trabalho bem feito nessas áreas mantém a satisfação dos clientes. Suprir as necessidades básicas do consumidor deve ser o foco de qualquer empresa que deseja se destacar num mercado cada vez mais competitivo. Portanto, a adoção de novas tecnologias como o RFID fazem a diferença no fim das contas.

1.2.2. Soluções existentes

No mercado afora existem inúmeras soluções que utilizam a tecnologia de identificação por rádio frequência como base. Mais especificamente no que concerne ao gerenciamento da cadeia de abastecimento e controle de inventário, podemos citar várias empresas. Dentre elas, a de maior destaque mundial é o *Wal-mart*. O *Wal-mart* foi uma das primeiras empresas a adotarem sistemas de controle de inventário RFID em seus hiper-mercados (GAZETTE, 2007; JOURNAL, 2003; NYSTEDT, 2007).

O caso de sucesso da Procter & Gamble, no ramo de gerenciamento da cadeia de abastecimento utilizando RFID, também é um excelente exemplo de uso da tecnologia ao redor do globo. A P & G conseguiu diminuir o tempo de produtos fora de estoque adotando um sistema de gerência aliado a utilização da tecnologia RFID. Seguindo o mesmo raciocínio, a P & G reduziu seu estoque de

produtos, o que trouxe uma diminuição nos custos de armazenamento e manutenção do estoque. (KELLAN, 2009).

Além dessas grandes corporações, a adoção do RFID juntamente a um sistema de gerenciamento trouxe muitas facilidades a diversas outras empresas. Como exemplo, o departamento de defesa dos Estados Unidos (*Department of Defense – DOD*), *Target*, *Albertsons*, *Best Buy*, *Tesco*, *Metro*, entre tantas outras companhias. No Brasil, temos o caso da Unilever, o Grupo Pão de Açúcar, a Gillete, CHEP e Accenture como exemplos de sucesso na associação do RFID com sistemas de controle de inventário (JOURNAL, 2009).

1.2.3. Consequências da persistência do problema

A persistência do problema (má gerência da cadeia de abastecimento e do controle de inventário) trará inúmeros efeitos negativos à realização dos negócios. Dentre esses tantos, o de maior prejuízo a imagem da empresa é a falta de comprometimento com seus consumidores. Produtos fora de estoque, demora para a reposição dos produtos sem estoque, produtos velhos e obsoletos em estoque, produtos quebrados ou fora da data de validade em estoque, entre tantos outros efeitos negativos serão constatados em corporações atrasadas tecnologicamente.

1.2.4. Benefícios da solução apresentada

A solução apresentada não fará toda a gerência de cadeia de abastecimento e nem todo o controle de inventário. A implementação de todos os processos relacionados a essas áreas acarretaria num sistema gigantesco e extremamente complexo, o que não é o alvo do projeto final de graduação. No que concerne a cadeia de abastecimento, a solução ajudará ao responsável pelo estoque a fazer os pedidos aos fornecedores antes que os produtos acabem. Já em relação ao controle interno de inventário, a solução idealizada ajuda a fazer o cadastro dos produtos em sua entrada, o controle dos produtos vendidos e também ajuda a manter a loja segura de furtos.

Apesar dessas limitações, a solução fará um papel bastante significativo dentro da gestão de lojas de varejo. O controle dos produtos que entram e que saem aliado a uma maior segurança física da loja é muitíssimo importante para o crescimento saudável da empresa. Além disso, a maior agilidade adquirida com o RFID no balcão de vendas e no cadastro de itens no banco de dados da empresa traz grandes vantagens tanto para a loja quanto para os consumidores. Mesmo não implementando todos os processos relacionados à gestão do inventário e gestão da cadeia de abastecimento, o sistema funciona dentro do especificado.

1.3. TECNOLOGIA RFID

1.3.1. Introdução

1.3.1.1. Breve histórico sobre utilização do RFID

A tecnologia de identificação por rádio frequência é relativamente antiga, foi utilizada na 2ª guerra mundial pelos Ingleses como ferramenta na identificação dos aviões (Identificar Amigos ou Inimigos - *Identify Friend or Foe - IFF*) da Força Aérea Real (*Royal Air Force - RAF*). Assim, os aviões que surgiam no radar e não respondiam com seu transponder eram identificados com inimigos e logo em seguida abatidos. O RFID propriamente dito foi desenvolvido pelo Instituto de Tecnologia de Massachussets (*Massachussets Institute of Technology - MIT*) e foi baseado nos transponders utilizados nos aviões ingleses da 2ª guerra mundial. A figura 1 mostra o funcionamento do sistema de identificação de aviões amigos (THORNTON, 2006).

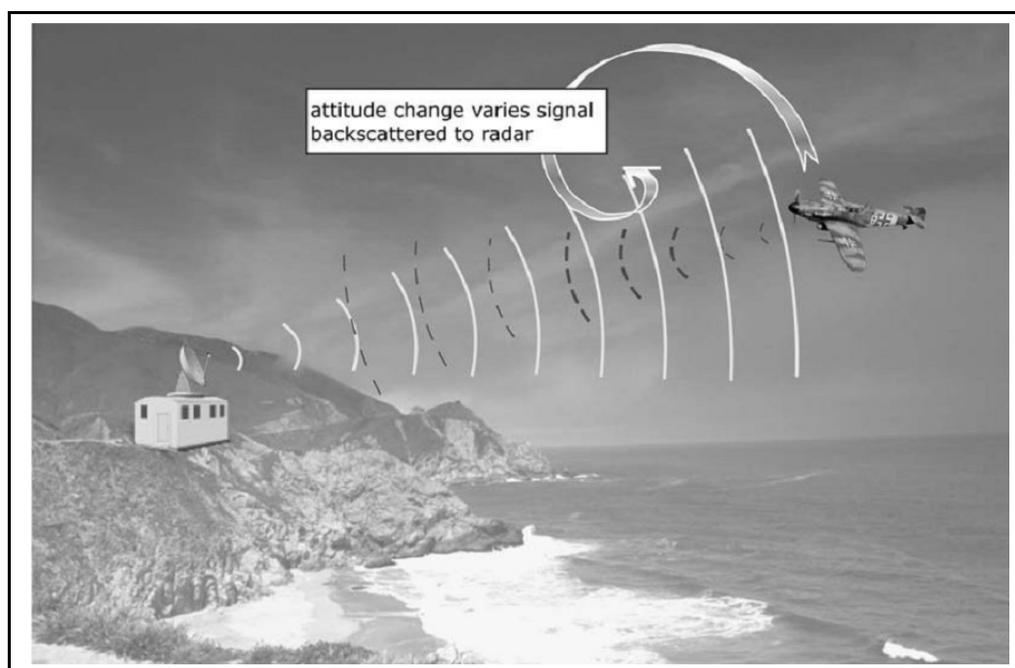


Figura 1: O uso da reflexão de onda para comunicação com o operador de radar.
FONTE: (DOBKIN, 2007)

Atualmente é bastante comum a utilização do RFID em vários segmentos. No controle de acesso, no controle de animais, na automação de pedágios, uso em bibliotecas dentre tantos outros exemplos.

Devido às vantagens trazidas diante dessa nova tecnologia (RFID), grandes empresas como o Wal-mart já a adotaram seu uso em certos estabelecimentos. Dessa forma, influenciou grande parte de seus distribuidores – principalmente os seus 100 maiores distribuidores de produtos. Dentre outros tantos benefícios, o Wal-mart diminuiu suas perdas resolvendo uma pequena parte de seus problemas de estoque (GAZETTE, 2007; JOURNAL, 2003; NYSTEDT, 2007).

Outro exemplo de uma grande empresa adotando a tecnologia RFID é o da Procter & Gamble. A P&G na Espanha estava experimentando atrasos no carregamento de suas paletas de produtos para envio. Além disso, havia erros de envio, no que gerava um novo custo para o transporte dos produtos. Após a implantação de um sistema RFID que identifica as paletas, houve um aumento na velocidade de carregamento e uma redução no número de empilhadeiras trabalhando. Com isso, a empresa reduziu consideravelmente seus custos e erros de envio (MYERSON, 2006).

Além do Wal-mart e Procter & Gamble, pode-se citar o departamento de defesa dos Estados Unidos, Target, Albertsons, Best Buy, Tesco, Metro, entre tantas outras companhias. Portanto, a tecnologia RFID está em evidência e em crescimento vertiginoso (JOURNAL, 2009).

No Brasil a adoção da tecnologia ainda está reservada a grandes empresas como exemplo a Unilever, Grupo Pão de Açúcar, Procter&Gamble, Gillete, CHEP e Accenture. Também há adoção da tecnologia em sistemas de pagamento de pedágios sem parar e estacionamentos. A figura 2 expõe o sistema de pagamento de pedágio sem parar.



Figura 2: Sistema de pagamento de pedágios automático
 FONTE: (THORNTON, 2006).

1.3.1.2. Funcionamento de um sistema RFID

Um sistema RFID é composto por interrogadores (também conhecidos como leitores), tags (também conhecidos como etiquetas inteligentes) e um host que fará toda coleta, processamento e armazenamento de dados gerados a partir das leituras realizadas (FINKENZELLER, 2003).

Analogamente ao código de barras e outros sistemas de identificação, o propósito do sistema RFID é identificar unicamente um produto, ou animal, ou ser humano, ou qualquer outra coisa que se possa fixar uma etiqueta. Como o RFID utiliza ondas de rádio para comunicação, ele é classificado na categoria wireless. A figura 3 exemplifica um sistema RFID genérico.

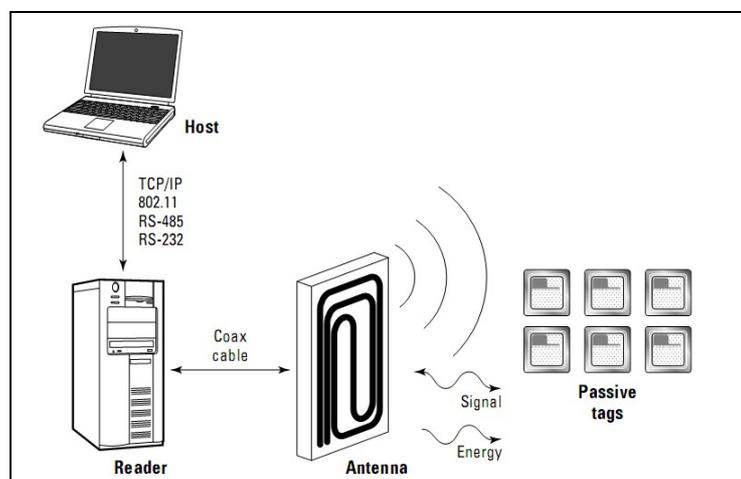


Figura 3: Exemplo de um sistema RFID
 FONTE: (SWEENEY II, 2005).

1.3.2. Componentes do sistema RFID

Um sistema genérico RFID é composto por etiquetas inteligentes (também conhecidas como tag RFID ou transponders), por um ou mais leitores (também conhecido como interrogadores ou transceptors), por uma antena ou bobina e por um sistema computacional que utilizará os dados captados pelos leitores RFID (THORNTON,2006).

1.3.2.1. Tags RFID

Os produtos precisam ser identificados unicamente na cadeia de produção e também na de abastecimento, esse papel já vem sendo feito pelo código de barras, entretanto em um sistema RFID é realizado por um pequeno componente chamado tag. A tag RFID também é conhecida por transponder (transmitter+responder = transponder) devido a sua função, ou seja, ela recebe o sinal enviado pelo interrogador e responde com o seu ID e alguma outra informação, caso seja uma tag com memória disponível. De acordo com SANGHERA, as tags devem compreender os seguintes pressupostos (SANGHERA,2007):

- Todas tags são compostas, em sua grande maioria, pelos mesmos componentes devido a sua mesma função: identificar unicamente um item.
- Para atender as diferentes necessidade e aplicações, as tags vem em diferentes tamanhos e formas.
- As tags tem que ser instaladas de forma correta a fim de serem mais facilmente lidas.

1.3.2.1.1. Componentes da tag RFID

Os componentes das etiquetas inteligentes estão nela para suportar todas suas funcionalidades (SANGHERA,2007; THORNTON,2006).

- 1) Guardar informações sobre um item;
- 2) Processar a requisição por informação vinda de um leitor;

3) Preparar e enviar a informação para o leitor requerente;

Para suportar todas essas funções as tags são compostas por esses três componentes básicos:

- **Chip:** O chip é utilizado para gerar ou processar um sinal. Ele é um circuito integrado (CI) de sílica. Componentes do chip:

- **Unidade Lógica:** Implementa o protocolo de comunicação utilizado para a comunicação tag-leitor.

- **Memória:** Usada para armazenar dados (informação).

- **Modulador:** Usado para modular os sinais enviados e demodular os sinais recebidos.

- **Controlador de força:** Converte a energia em corrente alternada (Alternating Current – AC) vinda do sinal para corrente contínua (Direct Current – DC) e prove força para os componentes do Chip.

- O Chip é conectado na antena para enviar o sinal pela antena e receber o sinal enviado pelo leitor pela antena.

- Há alguns tipos de tag que tem embutido uma memória para expandir sua capacidade de armazenamento.

- **Antena:** A antena da tag em um sistema RFID é utilizada para receber o sinal vindo do leitor (uma requisição de informação) e transmitir um sinal de resposta (informação de identificação) de volta ao interrogador. É feita de metal ou material baseado em metal. Tanto o leitor quanto a tag tem sua antena (SANGHERA, 2007; DOBKIN, 2007).

- As antenas são usualmente usadas por tags (assim como leitores) nas frequências ultra-altas (Ultra High Frequency – UHF) e microondas.

- As tags e leitores funcionando em frequências baixas (Low Frequency – LF) ou frequências altas (High Frequency – HF) usam bobinas indutivas (inductive coils) como antenas para enviar e receber sinais utilizando a técnica de comunicação acoplamento indutivo (inductive coupling).

A figura 4 mostra a interligação desses componentes de maneira simplificada.

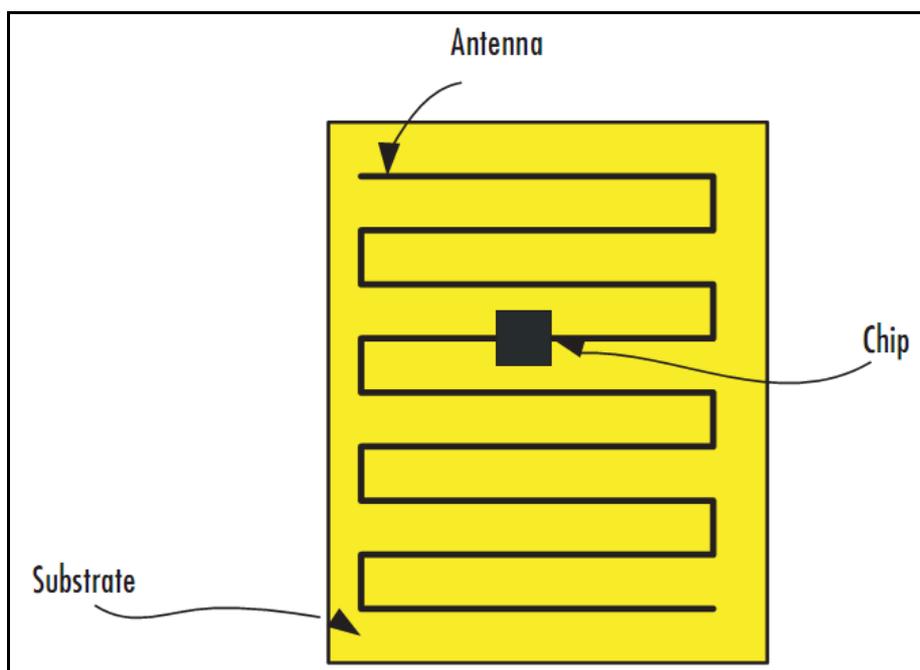


Figura 4: Componentes da tag RFID
FONTE: (SANGUERA, 2007)

- **Substrato:** Essa é a camada que abriga o Chip e a antena. Ou seja, é a estrutura de suporte da tag RFID. O substrato pode ser feito de diferentes materiais como plástico, PET, papel, entre outros materiais. O material do substrato pode ser tanto rígido como flexível, dependendo da aplicabilidade da tag. Nas tags são utilizadas para as seguintes funções (SANGHERA, 2007; THORNTON, 2006).
 - Dissipação de carga estática em excesso;
 - Durabilidade em certas condições de operação;

- Proteção mecânica para o Chip e antena;

1.3.2.1.2. Frequências de operação da tag

Para responder aos interrogadores, as tags utilizam ondas de rádio, das quais são basicamente as ondas eletromagnéticas cobrindo o espectro do comprimento de onda das ondas de rádio.

Como os sistemas RFID geram e irradiam ondas eletromagnéticas que estão localizadas no espectro de frequências de rádio, eles são justamente classificados como sistemas de rádio. Apesar disso, outros serviços de rádio vêm sendo operados nessas amplitudes de frequência antes da chegada dos sistemas RFID.

Rádio, televisão, serviços móveis de rádio (polícia, serviços de segurança, e indústrias), serviços de rádio navais e aeronáuticos, e telefones celulares são alguns dos exemplos. Assim, é importante que esses serviços não sejam impactados pelos novos sistemas RFID. Esses requerimentos reduzem significativamente as frequências de operação disponíveis para os sistemas RFID (SANGHERA, 2007; THORNTON, 2006).

A tabela 1 mostra as faixas de frequência que são de interesse dos sistemas RFID, dentre as frequências presentes no padrão internacional ISM (Industrial, Scientific and Medical – Industrial, Científico e Médico). Sistemas RFID usam diferentes frequências no espectro de frequência de rádio, mas há quatro faixas mais comumente utilizadas: frequências baixas (30–300 KHz), frequências altas (3–30 MHz), frequências ultra-altas (300 MHz–3 GHz), e frequências Microondas (1 GHz–300 GHz) (SANGHERA,2007;THORNTON,2006).

Nome	Faixa de frequência	Faixa de comprimento de onda	Frequências do ISM	Faixa de leitura para tags passivas
Low frequency (LF)	30–300kHz	10 km–1 km	<135 kHz	<50 cm
High frequency (HF)	3–30MHz	100 m–10 m	6.78 MHz, 8.11 MHz, 13.56 MHz, 27.12 MHz	<3 m
Ultrahigh frequency (UHF)	300MHz–3GHz	1 m–10 cm	433 MHz, 869 MHz, 915 MHz	<9 m
Microwave frequency	3–300GHz	30 cm–1 mm	2.44 GHz, 5.80 GHz	>10 m

Tabela 1: Frequências em que sistemas RFID podem operar.
 FONTE: (SANGHERA, 2007)

A tabela 1 também mostra a distância de leitura das tags passivas (Tags que não tem fonte de energia própria, como bateria). Já as tags ativas podem ser lidas a distâncias superiores a 100 metros. Na próxima seção serão comentados os tipos de tags existentes. Abaixo a tabela 2 mostra a distribuição de frequências ao redor do mundo.

Área	Frequências UHF alocadas para sistemas RFID	Potência
Estados Unidos	902–928 MHz	4 W
Austrália	918–926 MHz	1 W
Europa	865–868 MHz	2 W
Hong Kong	865–868 MHz	2 W
	920–925 MHz	4 W
Japan	952–954 MHz	4 W

Tabela 2: Frequências UHF alocadas ao redor do mundo.
 FONTE: SANGHERA, 2007.

1.3.2.1.3. Tipos de tag

Em um sistema RFID a tag é um componente determinante no desempenho de todo o ambiente. Além da frequência de operação da tag, outra característica que faz diferença em relação ao desempenho é o tipo de tag utilizada. O tipo de tag é determinado por dois fatores: se a tag é capaz de iniciar

a comunicação e se a tag tem fonte de energia própria. Baseados nesses dois fatores acima existem três tipos de tags: passivas, semi-passivas e ativas (SANGHERA, 2007).

Tags passivas: Uma tag passiva é uma tag que não tem fonte própria de energia, como uma bateria, e, portanto não é capaz de iniciar a comunicação. Ela responde ao sinal enviado pelo leitor utilizando a força contida no sinal. Em outras palavras, o sinal do leitor “acorda” a tag passiva. Abaixo o esquema de funcionamento:

- 1) A antena da tag (ou bobina) recebe o sinal do leitor;
- 2) A antena manda o sinal para o CI (Circuito Interno);
- 3) Parte da força do sinal é utilizada para ligar o CI;
- 4) O CI é ligado, processa o sinal recebido, e envia a resposta ao leitor;

Portanto, a característica fundamental de uma tag passiva é que ela não inicia a comunicação por conta própria. Caso a tag tenha uma bateria e não seja capaz de iniciar a comunicação, ela é uma tag semi-passiva. A figura 5 abaixo exemplifica a etiqueta passiva.

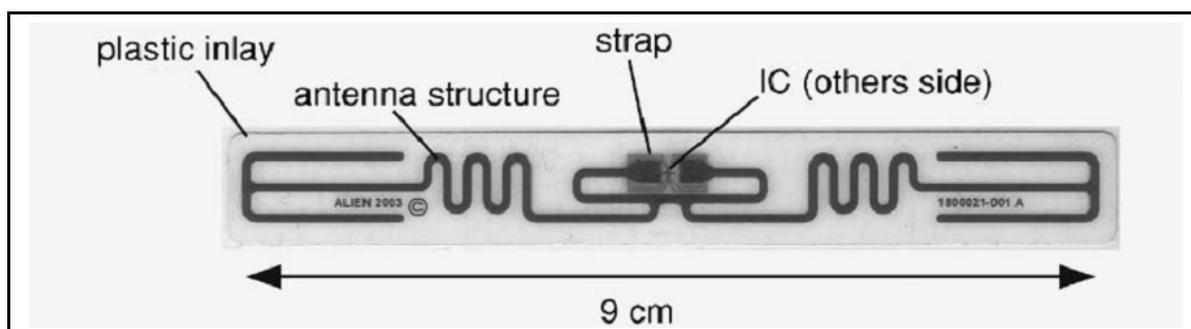


Figura 5: Exemplo de uma tag passiva.
FONTE: (DOBKIN, 2007).

Tags semi-passivas: Uma tag semi-passiva é uma tag que tem fonte de energia própria, como uma bateria, mas não inicia a comunicação junto ao leitor. Ela responde ao sinal enviado pelo leitor utilizando a força contida no sinal. Em outras palavras, o leitor “acorda” a tag semi-passiva. A tag semi-passiva utiliza sua bateria para o funcionamento do Circuito Interno. A operação da tag semi-

passiva é bem parecida com a da tag passiva, diferenciando apenas em relação à bateria utilizada para ligar o Circuito Interno. Abaixo, a figura 6 ilustra uma etiqueta RFID semi-passiva (SANGHERA,2007; DOBKIN,2007).



Figura 6: Exemplo de tag semi-passiva.
FONTE: (DOBKIN, 2007).

Em resumo, tags passivas não podem iniciar a comunicação e não tem bateria interna, já as tags semi-passivas também não podem iniciar a comunicação, mas tem bateria interna e o outro tipo de tag pode iniciar a comunicação e tem bateria interna: a tag ativa.

Tags ativas: Uma tag ativa é uma tag que tem uma fonte de energia e que pode iniciar a comunicação mandando seu próprio sinal. Ela não depende do leitor para utilizar seu Circuito Interno e para criar sinais. E também não necessita de uma chamada de wakeup (acorda) do leitor (SANGHERA, 2007; DOBKIN, 2007).

Em relação à sua operação, a tag pode tanto ficar ligada o tempo todo quanto ser acordada assim que receber um sinal. Como a tag ativa contém uma bateria, seu tamanho é maior que as tags passivas. Já no que diz respeito a abrangência de leitura, a tag ativa é a de maior área disponível devido sua capacidade de iniciar a comunicação. Devido a essa característica, tags ativas podem ser integradas a sistemas de posicionamento global (Global Positioning System – GPS) para determinação exata de, por exemplo, um objeto.

Apesar dessas grandes vantagens trazidas com a utilização de tags ativas, há também algumas desvantagens no seu uso. Devido sua maior complexidade, as tags ativas são mais caras quando comparadas com as passivas e semi-passivas. Além disso, seu tempo de vida é limitado comparado à tags passivas devido a sua bateria interna.

Na figura 7 pode-se observar a diferença primordial entre tags passivas e tags ativas. As tags passivas devem estar contidas dentro do campo de atuação dos leitores para funcionarem, enquanto as ativas – devido sua capacidade de comunicação – não necessitam estar dentro do campo de leitura do interrogador.

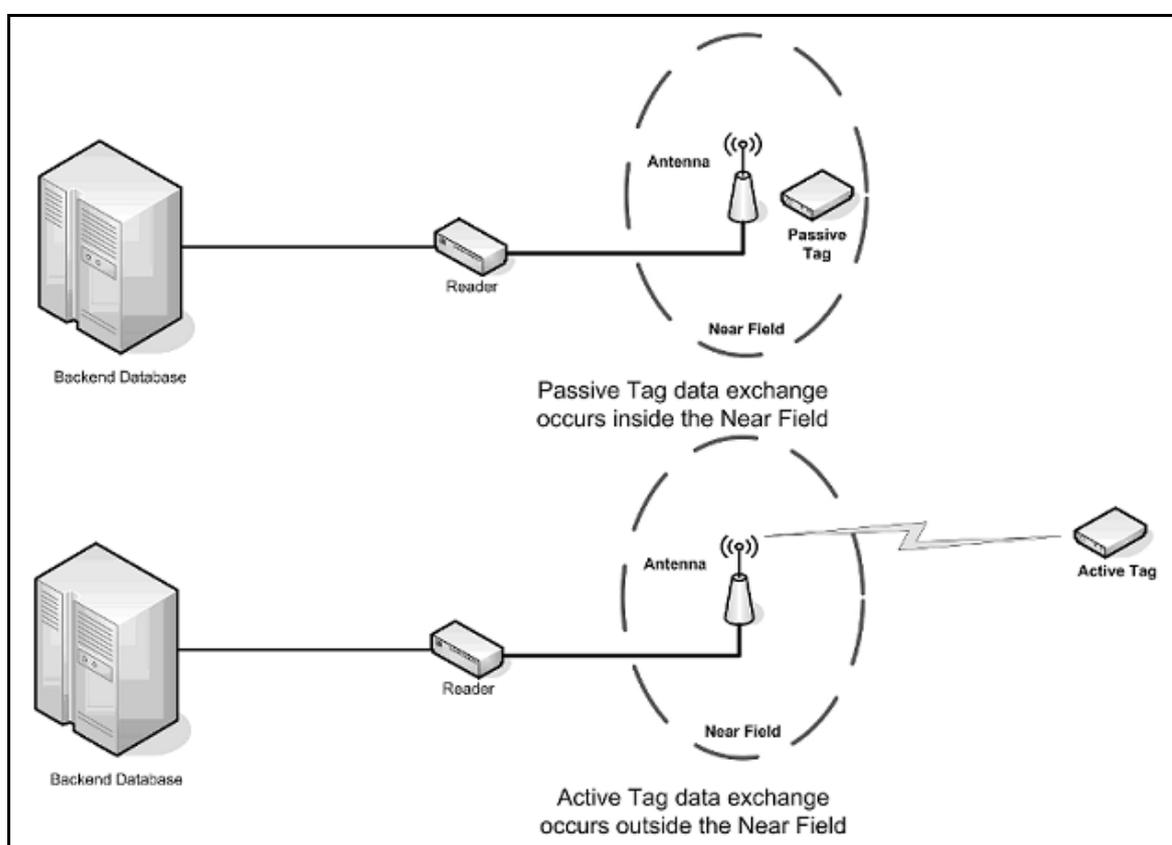


Figura 7: Tags passivas versus tags Ativas.
FONTE: (THORNTON, 2006).

1.3.2.1.4. Faixa de leitura das tags

Diferentes aplicações necessitam de tags com faixas de leitura distintas. Existe a necessidade de leitura a uma grande distância, por exemplo, em sistemas RFID que forem se integrar com sistemas GPS. Outro caso em que não há necessidade de grande amplitude de leitura é a de sistemas de inventário, o qual é o foco desse projeto. A faixa de leitura é determinada pelas características abaixo:

- Freqüência de operação;
- A máxima força de emissão permitida;
- Tipo da tag: Ativa ou Passiva;
- Técnica de comunicação;

A figura 8 exemplifica os fatores que afetam a faixa de leitura das etiquetas RFID.

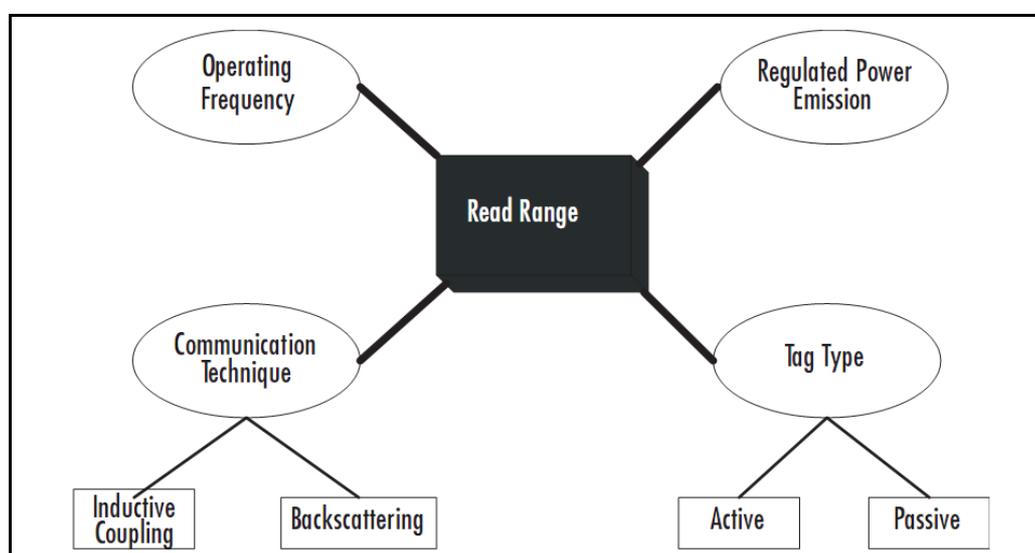


Figura 8: Fatores que afetam a faixa de leitura das tags.

FONTE: (SANGHERA, 2007).

1.3.2.1.5. Técnicas de comunicação

A amplitude de leitura das tags depende do tipo de tag utilizado e da frequência de operação. A máxima potência que a antena pode emitir vem de padrões e regulamentações. Quanto maior a potência, maior a amplitude de leitura. A faixa de leitura também depende de qual das duas técnicas de comunicação se escolhe: Acoplamento Indutivo ou Acoplamento Difuso de Retorno (SANGHERA, 2007; DOBKIN, 2007).

Acoplamento Indutivo: Tanto o leitor quanto a tag utilizam bobinas como antenas. Essas bobinas criam campos magnéticos. A variação no campo magnético é utilizada para transferir potência (e dados) entre o leitor e a tag. Essa técnica limita a área de leitura porque ela só funciona no campo de atuação das bobinas. Dessa forma, o acoplamento indutivo requer que o leitor esteja próximo da tag. Com isso, a distância de leitura é, por volta, de 30cm para LF (Frequências Baixa) e de 1m para HF (Frequências Altas). A figura 9 mostra o funcionamento do acoplamento indutivo.

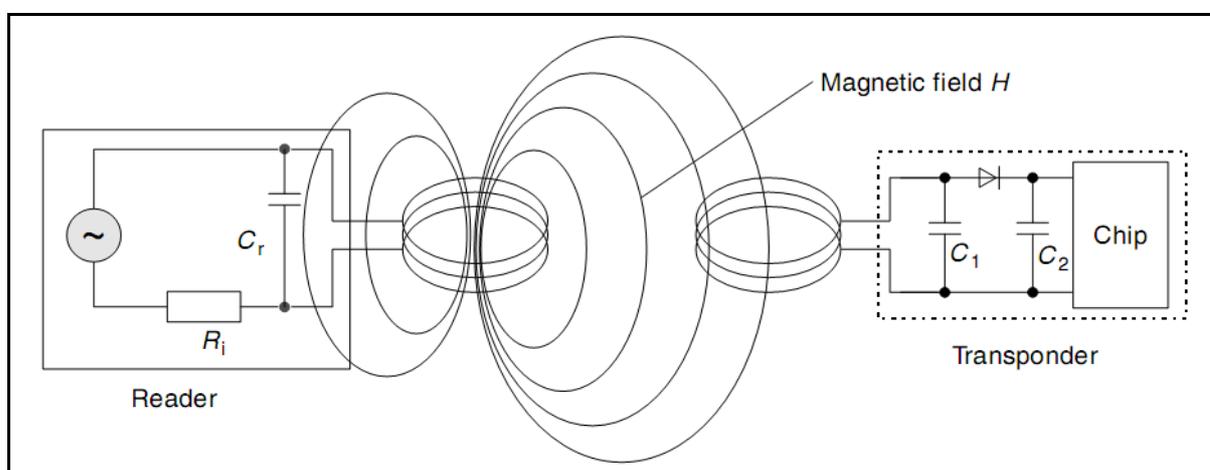


Figura 9: Funcionamento do acoplamento indutivo.
 FONTE: (FINKENZELLER, 2003).

Acoplamento Difuso de Retorno: O acoplamento difuso de retorno geralmente é utilizado por tags passivas operando em UHF (Frequências Ultra Altas) ou microondas. Como o acoplamento difuso de retorno trabalha além do campo de atuação das bobinas, ele permite maiores áreas de leitura. A maior área de de atuação conseguida com esse tipo de acoplamento é devido ao uso de

ondas eletromagnéticas para estabelecer a comunicação ao invés do campo magnético utilizado pelo acoplamento indutivo. A figura 10 mostra um comparativo entre a frequência de operação e o método de comunicação utilizado.

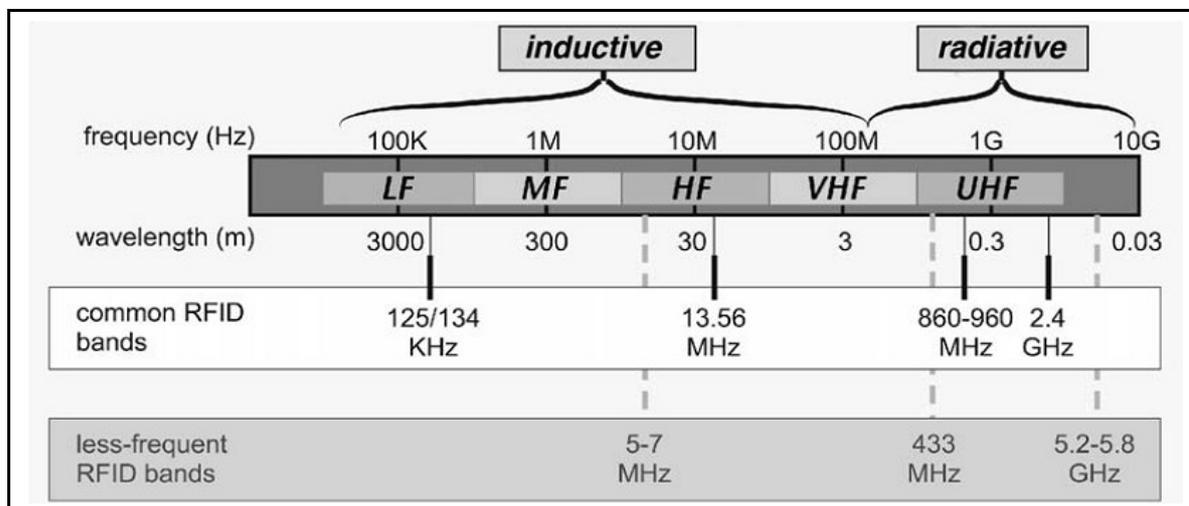


Figura 10: Frequências versus técnica de comunicação.
 FONTE: (DOBKIN, 2007).

1.3.2.2. Leitores RFID

De acordo com inúmeros autores renomados em RFID, um sistema RFID é baseado na comunicação entre os leitores e as tags. A tag é fixada em algum produto que precisa ser identificado e localizado, e contém informações sobre o produto e sua identificação. O papel do interrogador é coletar a informação das tags e enviar para o computador host, onde ela é manipulada. Para que o leitor possa ler as tags, elas devem estar contidas em uma área próxima ao mesmo, chamada área de interrogação (THORNTON, 2006; SANGHERA, 2007; SWEENEY II, 2005; DOBKIN, 2007; FINKENZELLER, 2003).

1.3.2.2.1. Entendendo leitores RFID

O interrogador é o componente do sistema RFID que coleta a informação das tags e a envia para o computador host. O processo de coleta da informação é chamado de *leitura de tags*, e por esse motivo o interrogador também é conhecido como leitor. Em sistemas RFID, o leitor fica em uma posição intermediária entre o sistema host e as tags. Abaixo a figura 11 mostra o processo de leitura: (SANGHERA,2007).

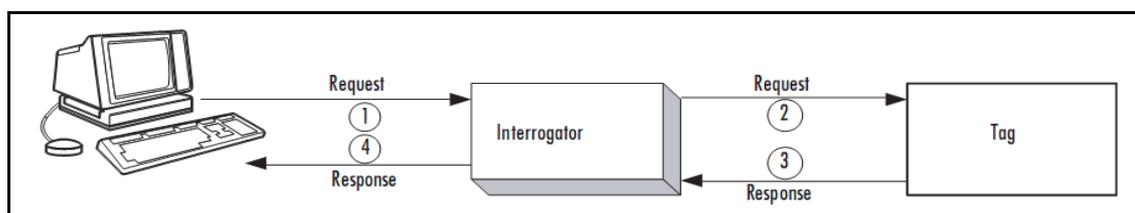


Figura 11: Processo de leitura de tags.
FONTE: SANGHERA,2007.

- 1) O interrogador recebe a requisição de informação do computador host.
- 2) O interrogador envia a requisição de informação para as tags em sua zona de interrogação.
- 3) A tag responde com a informação solicitada.
- 4) O interrogador envia a informação coletada para o computador host.

1.3.2.2.2. Componentes do leitor RFID

Para SANGHERA (2007), o leitor é composto dos componentes a seguir:

- Um módulo RF, também chamado de transceiver, o qual modula os sinais enviados e demodula os sinais recebidos.
- Um processador e controlador de sinais.
- Um elemento acoplador que se comunica com as tags via sinais de radiofrequência (Radio Frequency – RF), isso é essencialmente a antena.

- Uma interface de comunicação com o sistema host: para receber requisições de informação e para enviar a informação requisitada.

Com esses componentes básicos, o interrogador vem em vários tipos.

1.3.2.2.3. Tipos de leitores

De acordo com SANGHERA (2007) e FINKENZELLER (2003), existem vários tipos de interrogadores para atender aos requerimentos de várias aplicações. Todos esses tipos podem ser categorizados nessas duas classes abaixo:

- *Read-only* (Somente leitura) – Ler informações armazenadas (programadas) nas tags é a principal função dos leitores. Todos leitores que só tem capacidade de leitura são chamados de *read-only* (Somente leitura).
- *Read and write* – Leitores que podem escrever alguma informação nas tags além do processo de leitura padrão, são denominados leitores *read and write* (Leitura e escrita).

OBS: A tag deve ser passível de escrita para que leitores *read and write* possam escrever informações nela.

1.3.2.2.4. O que um leitor pode fazer?

Os leitores são fabricados com várias funções e capacidades que variaram dependendo da aplicação que se deseja implementar. Essas funções e capacidades geralmente estão associados a três categorias principais: comunicação com o computador, comunicação com as tags, e capacidades operacionais (FINKENZELLER,2003).

Comunicação com o computador: Dentre vários tipos de aplicações disponíveis a partir da utilização do RFID, os dados coletados podem ser usados em um sistema de controle de inventário por exemplo. Nesse caso, o leitor tem que enviar todos os dados coletados para um computador que está conectado a ele. Os dados podem ser enviados tanto por uma conexão serial como por uma

conexão via rede. Em uma conexão serial, o leitor é conectado como qualquer outro dispositivo periférico instalado no computador. Já em relação à conexão via rede, o leitor tem que estar conectado em uma mesma rede que o computador. Nesse caso, a conexão pode ser via fio ou sem fio (usa-se o protocolo TCP/IP para comunicação entre o leitor e o computador via rede). Abaixo as tabelas 3 e 4 mostram as vantagens e desvantagens dos dois tipos de conexões disponíveis (SANGHERA,2007).

Tipo de conexão: Serial

Vantagens	Desvantagens
Baixo custo.	A flexibilidade em relação à localização do leitor é limitada ao tamanho do cabo.
Link confiável.	Dependendo da localização dos leitores e do número de portas seriais disponíveis, haverá a necessidade de vários computadores para suporta-los.
Gerenciamento local do link de comunicação.	Se o leitor não tiver uma conexão de rede disponíveis, a manutenção ao leitor tem que ser feita localmente.
	Dependendo do tamanho do sistema RFID, é economicamente inviável trabalhar com leitores dotados apenas de conexão serial, pois o custo seria muito superior.

Tabela 3: Vantagens versus Desvantagens da conexão serial.

FONTE: (SANGHERA, 2007).

Tipo de conexão: Rede

Vantagens	Desvantagens
Não há a necessidade de um cabo entre o interrogador e o computador.	O sistema fica vulnerável a todos riscos de segurança que uma conexão de rede tem.
O interrogador pode ser conectado no computador via cabo ou sem fio.	Se a rede for desligada, todo os sistema RFID é afetado.
O sistema requer um número menor de computadores host.	É necessário habilidades em gerência de redes para se ter uma rede funcionando corretamente.
O sistema pode ser gerenciado remotamente.	

Tabela 4: Vantagens versus Desvantagens da conexão via rede.

FONTE: (SANGHERA, 2007).

¹ Mais informações sobre TCP/IP pode ser encontrada em (TANENBAUM, 2003).

1.3.3. Conclusão

A tecnologia de identificação por radiofrequência se mostrou muitíssimo adaptada às novas tendências mercadológicas. Sua utilização nesse projeto levou em consideração a sua versatilidade, seu desempenho e seu custo-benefício. Em um primeiro momento, o investimento nessa tecnologia pode ser alto. Com o passar dos anos, todo esse investimento inicial tenderá a melhorar a imagem da empresa. A adoção de novas tecnologias como o RFID pelas empresas é essencial para acompanhar a contínua e crescente disputa por mercados consumidores.

1.4. LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO – JAVA

1.4.1. Introdução

Java, que em seu início foi chamada de Oak (carvalho), é uma linguagem criada pela Sun Microsystems com o intuito inicial de servir dispositivos eletrônicos inteligentes destinados ao consumidor final. Infelizmente, o nicho de dispositivos eletrônicos não decolou com a velocidade que a Sun havia imaginado, e o projeto Java quase foi cancelado, contudo em 1993 a World Wide Web explodiu em popularidade e os empregados da Sun viram o grande potencial do Java para criar conteúdos dinâmicos (DEITEL, 2003).

Daí pra frente a popularidade do Java só aumentou e, hoje em dia, é possível encontrar Java rodando em praticamente todos os computadores do mundo. Java se tornou uma ferramenta indispensável para empresas de desenvolvimento e também para usuários finais utilizando, por exemplo, seu celular com programas em J2ME. Além de inúmeros exemplos que se podem citar sobre a utilização de Java, o Sistema de Controle de Inventário Através da Tecnologia RFID é completamente programado em J2SE.

Java foi idealizado com o intuito de facilitar a reescrita de programas em dispositivos eletrônicos, não obteve sucesso no primeiro momento. Logo após foi lançada como uma alternativa para tornar o navegador web em uma aplicação mais dinâmica, não apenas num renderizador de html. Hoje em dia, o foco do Java voltou-se para os dispositivos móveis como uma linguagem robusta e amplamente difundida ao redor do mundo (DEITEL,2003).

No Brasil, Java foi muito bem recebido e conta com vários grupos de usuários que tem o objetivo de divulgar a linguagem. É nesses grupos também, que se obtém valiosas informações a respeito da tecnologia e até tutoriais para aprendizagem. Um dos mais conhecidos grupos, e que foi de extrema importância para o desenvolvimento do projeto, foi o GUJ (<http://www.guj.com.br/>). É nesse receptivo contexto que a linguagem selecionada para a programação do projeto foi a Java.

1.4.2. Conceitos sobre Java

1.4.2.1. Java

Ponteiros, gerenciamento de memória, organização, falta de bibliotecas, reescrever parte do código ao mudar de sistema operacional, custo de usar a tecnologia, são alguns exemplos de problemas que a Java tenta amenizar. Em primeiro lugar Java é uma tecnologia gratuita e pode ser usada por qualquer pessoa interessada nas suas facilidades.

Java é uma linguagem orientada a objetos, ela traz características que a diferenciam das demais: O gerenciamento de memória é feito de maneira automatizada com o **Garbage Colector**. Java também possui suporte nativo a **threads**, o qual significa a capacidade de rodar vários processos simultaneamente. A linguagem Java também tem um recurso chamado **Exception**, que faz o tratamento de erros via exceções (evita o uso indiscriminado de “if-else”). Também existe o conceito de **Controlled Resources** visando a segurança, o acesso a recursos (arquivos de rede, por exemplo) é bastante controlado. Por último o Java também agrega a **Java API**, que é muito extensa e abrangente, e traz várias classes com as mais diversas funções (BREVES, 2003).

A melhor característica do Java é resumida nessa frase: “Write once, run everywhere”. Em português quer dizer “Escreva e compile uma vez, rode-o em qualquer lugar”. Essa facilidade é garantida a partir de uma máquina virtual chamada JVM (Java Virtual Machine). O programa é programado em java (salvo na extensão .java), compilado e gerado o bytecode (salvo na extensão .class) e em seguida é interpretado pela JVM. A JVM é a única parte na tecnologia Java que tem de ser portada para outros sistemas operacionais. Ou seja, existe uma JVM para Windows, outra para Linux, outra para Solaris, entre outros sistemas operacionais (DEITEL,2003).

Concluindo, Java é uma linguagem atualmente madura e cheia de adeptos. Entretanto, Java já passou por várias fases, tendo seu início como suporte a dinamicidade na WWW e, atualmente, utilizado em ampla escala nos mais diversos setores de produção de softwares. Java já foi considerada lenta, contudo versão a versão vem se mostrando veloz e demasiadamente estável.

1.4.2.2. Programação orientada a objetos

Java é uma linguagem de programação completamente orientada a objetos. Segundo CADENHEAD, a programação orientada a objetos é uma metodologia de desenvolvimento de software em que um programa é percebido como um grupo de objetos que trabalham juntos. A construção dos objetos é feita a partir de modelos, chamados classes, e contêm os dados e as instruções necessárias para usar esses dados.

De acordo com a própria Sun MICROSYSTEMS (2009), existem alguns conceitos de programação orientada a objetos indispensáveis ao entendimento total da tecnologia Java. Conceitos básicos de orientação a objetos listados abaixo:

Objeto: Um objeto é um pedaço de software com estado e comportamento definido. Objetos de software são comumente utilizados para modelar os objetos do mundo real. A figura 12 abaixo exemplifica um objeto Java.

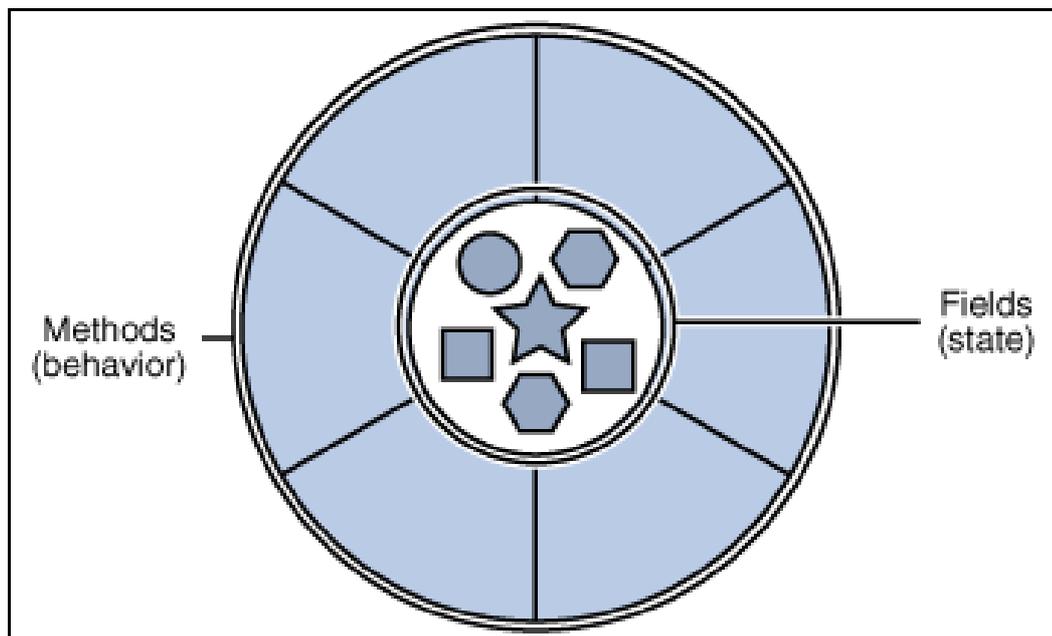


Figura 12: Exemplo de um objeto.
FONTE: (MICROSYSTEMS, 2009).

Classe: A classe pode ser visualizada como um modelo ou um protótipo para a criação de objetos. No mundo real existem vários objetos do mesmo tipo. Por exemplo existem milhares de bicicletas que foram construídas a partir do mesmo modelo básico, mas que tem características, como a cor, diferentes. Abaixo a figura 13 ilustra um exemplo de classe:

```
public class Produto {  
  
    public Produto(){  
    }  
  
    private int id;  
    private String nome;  
    private String marca;  
    private String modelo;  
    private int preco;  
  
    public int getId() {  
        return id;  
    }  
    public void setId(int id) {  
        this.id = id;  
    }  
    public String getNome() {
```

Figura 13: Peça da classe produto que faz parte do projeto final.
FONTE: Própria.

Todos os objetos que serão “fabricados” a partir dessa classe, conterão um id, um nome, uma marca, um modelo e um preço. Entretanto, essas características podem ser diferentes entre os objetos criados.

Herança: A herança prove um poderoso e natural mecanismo para a organização e estruturação do software. Uma subclasse pode herdar o estado e comportamento da sua superclasse. Por exemplo, uma classe chamada bicicleta pode ser herdada por MountainBike, RoadBike e TandemBike que ainda são bicicletas, entretanto com algumas características próprias. A figura 14 exemplifica a herança nesse caso da bicicleta:

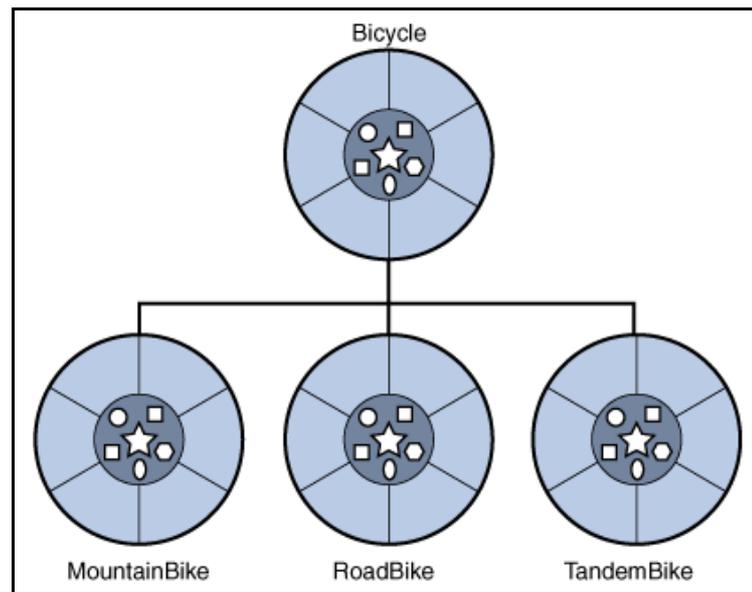


Figura 14: Exemplificando a herança.
FONTE: (MICROSYSTEMS, 2009).

Interface: Uma interface é um contrato entre a classe e o mundo externo. Quando uma classe implementa uma interface, ela promete promover o comportamento publicado pela interface. Uma interface estabelece uma espécie de contrato que é obedecido pela classe.

Pacote: Pacote é um espaço de nome para organizar classes e interfaces em uma maneira lógica. Armazenar o código em pacotes ajuda a gerenciar grandes projetos de software. Abaixo a figura 15 exemplifica o conceito de pacote:

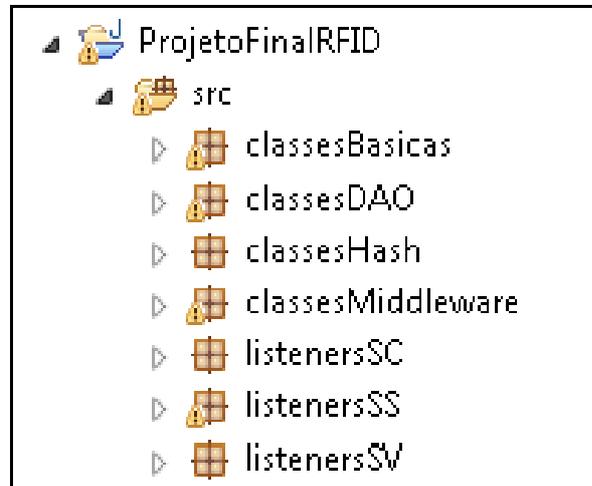


Figura 15: Exemplo de pacote retirado do projeto.
FONTE: Própria.

1.4.2.3. Componentes do Java

De acordo com a Sun MICROSYSTEMS (2009), a tecnologia Java é composta por vários módulos com as mais diversas funções. Esses módulos podem ser resumidos em JVM que é somente a máquina virtual Java, o JRE que contempla o ambiente de execução Java - formado pela JVM e bibliotecas - e pelo JDK que é o kit de desenvolvimento Java. Abaixo a figura 16 exemplifica parte da arquitetura do Java2 SE 5.0.

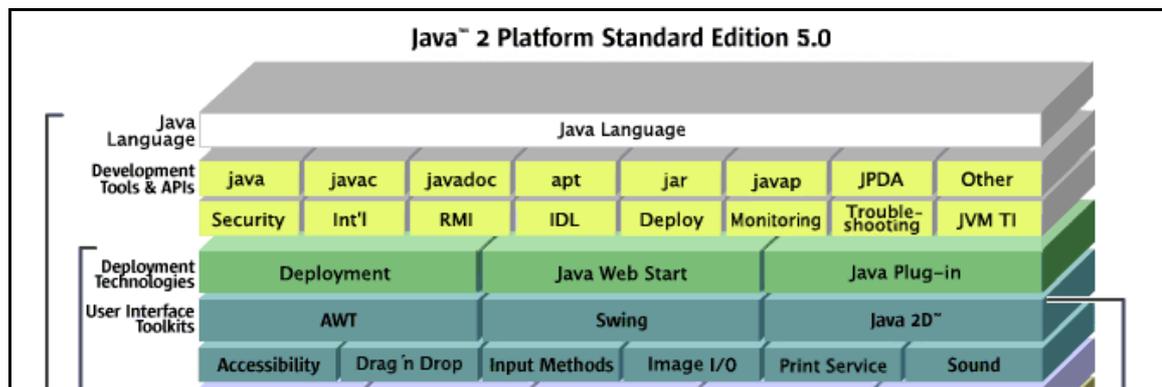


Figura 16: Parte da plataforma Java2 Standard Edition 5.0
FONTE: (MICROSYSTEMS, 2009).

Linguagem Java: A linguagem de programação Java é usada para fins gerais, concorrente, fortemente tipada, linguagem orientada a objetos baseada em classes. É normalmente compilada em sets de instruções bytecode e formato binário definido na especificação da JVM.

Java Virtual Machine: A máquina virtual Java é uma máquina computacional abstrata que tem um set de instruções e manipula a memória automaticamente. A máquina virtual Java é portada para diferentes plataformas para prover independência de hardware e sistema operacional. A máquina virtual é uma camada a mais na arquitetura se comparada a linguagens como o C ou Pascal. As figuras 17 e 18 exemplificam as diferenças entre a Java e linguagens como o C.



Figura 17: Exemplo de compilação na linguagem C.
FONTE: Própria.

No caso de linguagens como C, o código fonte é compilado para uma plataforma e um sistema operacional específico.

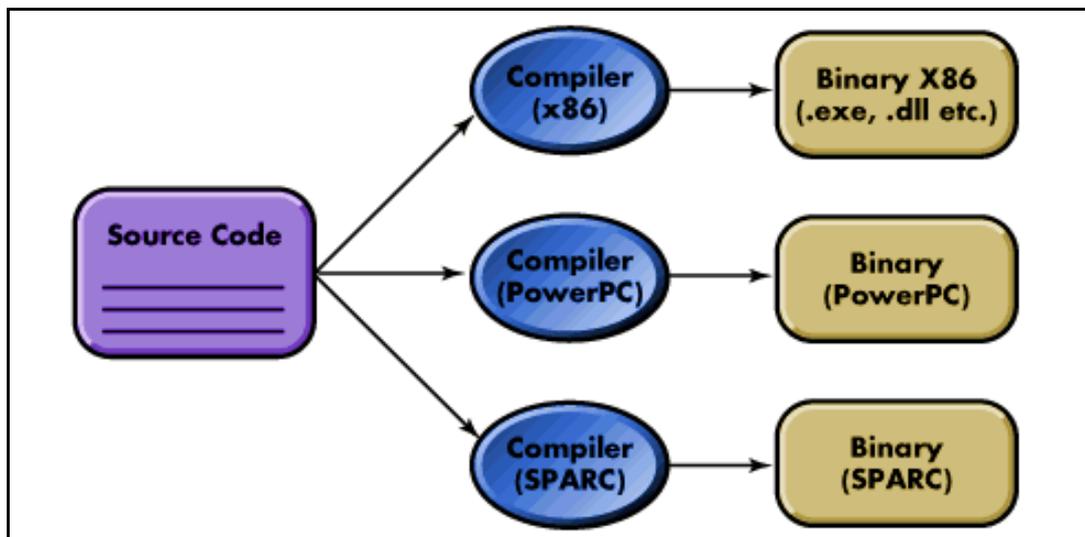


Figura 18: Código compilado para um sistema operacional específico.
FONTE: JONES;NEFF, 2009

Ou seja, existe um código binário para cada sistema operacional. Assim é necessário compilar uma vez para Windows, outra para Linux, outra para Mac, e assim por diante.

Já em relação à tecnologia Java, se faz uso da máquina virtual. Esta camada extra tem a função de traduzir em chamadas do sistema operacional (mas não apenas isso) o que a aplicação deseja fazer.

Na figura 19 temos o fluxograma de compilação e execução do Java. O primeiro passo é escrever o código fonte do programa, logo em seguida o código é compilado utilizando-se um componente do JDK chamado javac, a saída da compilação – independente da plataforma em que foi compilado – é um arquivo **.class** que traz todo o bytecode (bytecode é como se fosse a linguagem de máquina da Java Virtual Machine) a ser interpretado pela máquina virtual. Ou seja, independentemente de plataforma e sistema operacional, o bytecode gerado por um código fonte qualquer será o mesmo. Dessa forma, confirma-se a máxima mais clássica da tecnologia Java “Write once, run anywhere”.

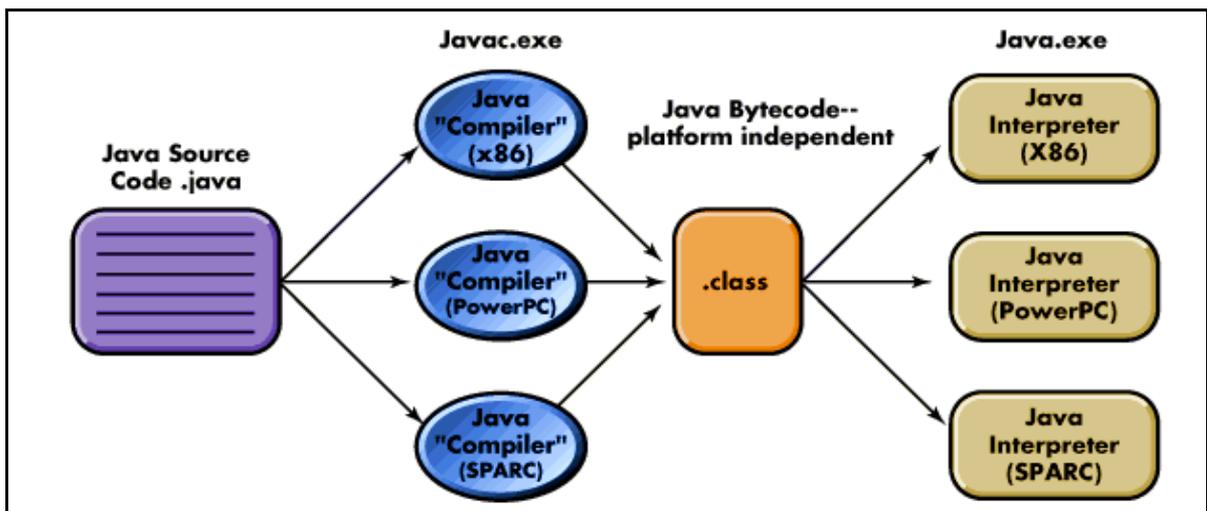


Figura 19: Fluxograma de compilação e execução do Java.
 FONTE: (JONES; NEFF, 2009).

1.4.3. Conclusão

A tecnologia Java foi selecionada tendo em vista as grandes vantagens trazidas pela linguagem como: Maior facilidade de aprendizagem, reutilização de código, inúmeras classes já prontas, inúmeros sites e livros que ensinam e tiram dúvidas sobre a linguagem, a grande difusão entre o meio acadêmico e por último, a possibilidade de se programar em Java utilizando as APIs do hardware comprado para o projeto final (Phidget RFID e Phidget Motor Servor). Além disso, a possibilidade de se programar em GNU/Linux e Microsoft/Windows ao mesmo tempo foi decisivo devido à heterogeneidade de sistemas operacionais em que o autor estava programando.

Concluindo, além desses fatores expostos acima, Java é uma tecnologia que qualquer Engenheiro de Computação deve saber e ter noção de seus conceitos, pois o mercado de tecnologia da informação, a cada dia, exige como experiência de trabalho.

1.5. SEGURANÇA APLICADA AO PROJETO

1.5.1. Conceitos básicos de segurança da informação

A informação, independente do meio em que trafega ou que é armazenada, é um dos maiores bens para empresas que buscam a diferenciação no mercado. Milhares de novas informações são geradas e tantas outras perdidas no dia-a-dia das grandes organizações. Entretanto, até a alguns anos atrás, pouco se falava em como se manter seguros os dados essenciais para a realização do negócio.

Com a evolução da computação, ferramentas como o anti-vírus e o firewall foram desenvolvidas para atender a essa nova demanda de mercado: a segurança da informação. Contudo, o real conceito de segurança da informação vai muito além da segurança física de dados, ele também abrange a todos os ativos de uma organização.

Para SÊMOLA (2003), “a segurança da informação é uma área do conhecimento dedicada à proteção de ativos da informação contra acessos não autorizados, alterações indevidas ou sua indisponibilidade”. Baseado nesse conceito acima explanado e ampliando a definição anterior, a segurança da informação se sustenta em três pilares: confidencialidade, integridade e disponibilidade da informação.

Confidencialidade: Toda informação deve ser protegida de acordo com o grau de sigilo de seu conteúdo, visando a limitação de seu acesso e uso às pessoas para quem elas são destinadas (SÊMOLA, 2003).

Integridade: Toda informação deve ser mantida na mesma condição em que foi disponibilizada pelo seu proprietário, visando protegê-las contra alterações indevidas, intencionais ou acidentais (SÊMOLA, 2003).

Disponibilidade: Toda informação gerada ou adquirida por um indivíduo ou instituição deve estar disponível aos seus usuários no momento em que os mesmos delas necessitem para qualquer finalidade (SÊMOLA, 2003).

1.5.2. Segurança aplicada ao projeto

1.5.2.1. Introdução

Tendo em vista a importância que se é dada a segurança da informação nos dias de hoje, o projeto final terá duas implementações que proporcionaram um maior nível de segurança para a loja modelada para o projeto (nesse caso será a maquete da loja).

A primeira área em que será adotada a segurança da informação será no sistema RFID. Toda tag tem um ID único que se chama tag id, dessa forma é necessário manter esse ID invisível ao usuário final do sistema. Isso será obtido criptografando o ID das etiquetas antes dos produtos serem cadastrados no banco de dados. Essa proteção visa precaver um tipo de ataque RFID chamado tag id spoofing. Na próxima seção serão explanados todos os tipos possíveis de ataques a sistemas RFID.

A segunda área abordada pela segurança da informação na loja será o controle de saída de produtos. Como todo produto terá uma tag fixada, o controle será feito pela leitura e verificação do estado do produto: vendido ou não vendido. Dependendo do estado em que o produto se encontra, a porta de saída será acionada ou se manterá fechada. Além disso, um sinal de som alertará aos funcionários da loja sobre a tentativa de roubo do produto.

1.5.2.2. Criptografia utilizada no projeto

1.5.2.2.1. Conceito básico de criptografia

Criptografia (Do Grego *kryptós*, “escondido”, e *gráphien*, “escrita”) é o estudo das técnicas de se transformar um texto originalmente legível em um texto ilegível. Desta forma, somente o receptor da informação criptografada – detentor da chave secreta – seria capaz de ler a informação no seu original (SÊMOLA, 2003).

Atualmente, há várias formas de se obter uma informação criptografada. Por exemplo, existem os algoritmos simétricos que utilizam a mesma chave tanto para a cifragem quanto para a decifragem. Também existem os algoritmos assimétricos, que utilizam diferentes chaves para cifrar e decifrar a informação. Além desses,

existem as funções de hash criptográfico ou message digest. Dentre os diversos algoritmos para cifragem existentes, o padrão avançado de criptografia (Advanced Encryption Standard – AES) foi o escolhido (RIVEST, 2009, FIPS, 2009).

1.5.2.2.2. Mudança de criptografia utilizada

Em um primeiro momento cogitou-se o MD5 como forma de se gerar segurança no banco de dados. Na proposta de projeto final apresentada ao professor da matéria, o MD5 foi a tecnologia especificada. A mudança de tecnologia foi realizada após recomendação do professor orientador. A função de hash MD5 tinha uma grande vulnerabilidade. Qualquer pessoa que conseguisse ler o ID da etiqueta presente nos produtos poderia gerar o hash MD5 dela (RIVEST, 2009).

O módulo de segurança já havia sido desenvolvido quando da sugestão de mudança. Entretanto, essa vulnerabilidade era muito alta e foi necessária a mudança para a criptografia simétrica AES. O AES foi o escolhido pela sua maior proteção e que, comparado ao padrão triplo de cifragem de dados (*Triple Data Encryption Standard* – 3DES), o qual foi outra criptografia cogitada, tinha um processo de cifragem muito mais rápido (FIPS, 2009).

1.5.2.2.3. Criptografia Simétrica AES

O AES (Advanced Encryption Standard) foi desenvolvido a partir de uma competição promovida pelo Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (National Institute of Standards and Technology – NIST). O AES deveria ser um algoritmo publicamente definido, uma cifra simétrica de bloco, projetado para que o tamanho da chave pudesse aumentar, implementável em hardware e software e disponibilizado livremente ou em acordo com termos do Instituto Nacional Americano de Padrões (American National Standards Institute – ANSI) (FIPS, 2009).

O algoritmo Rijndael foi escrito por Vincent Rijmen e Joan Daemen. Esse algoritmo cifra e decifra usando uma chave criptografada e blocos, ambos de tamanhos de 128, 192 ou 256 bits. O padrão de criptografia avançada especifica um algoritmo criptográfico aprovado pelo FIPS que pode ser usado para proteger dados eletrônicos. O algoritmo AES é um cifrador de bloco simétrico que pode cifrar e decifrar informação. A cifragem converte o dado em uma forma inegável chamada

texto cifrado, decifrando o texto cifrado obtém-se o dado original, chamado de texto claro (FIPS, 2009).

1.5.3. Ataques a sistemas RFID

Os sistemas RFID são alvo de muitos tipos de ataques. A manipulação da informação da tag é um deles. Outro ataque conhecido é o de manipulação da frequência de rádio. Além desses, o ataque ao banco de dados, que dá suporte ao sistema RFID, é de interesse para esse projeto.

1.5.3.1. Manipulação da Frequência de Rádio

Uma das maneiras mais simples de atacar um sistema RFID é de prevenir as tags fixadas nos objetos de serem lidas. Como vários metais podem bloquear a leitura das tags, uma simples folha de papel alumínio pode ser suficiente para o ataque.

Além do simples ataque de prevenção da leitura da tag, existem outros quatro tipos de ataques que manipulam a frequência de rádio. Eles são os ataques de *spoofing*, *insert*, *replay* e *Denial of Service* (DOS). Nesse projeto será abordado somente o ataque de *spoofing*.

1.5.3.1.1. Ataque spoofing

Ataques *spoofing* fornecem informações falsas que parecem verdadeiras e que o sistema aceita. Tipicamente, um ataque *spoofing* fornece um DNS (Domain Name System – Sistema de Resolução de Nomes) falso, um endereço IP (Internet Protocol – Protocolo de Internet) falso, ou um endereço MAC (Media Access Control – Controle de Acesso ao Meio) falso (THORNTON, 2006).

Um exemplo de ataque *spoofing* em um sistema RFID é difundir (broadcast) um Código Eletrônico de Produtos (*Electronic Product Code* – EPC) malicioso no ar quando um número válido era esperado. No caso do projeto, o ataque de *spoofing* é minimizado gravando o código da tag após a cifragem utilizando o algoritmo AES (THORNTON, 2006).

1.5.3.2. Manipulação da informação da tag

Toda tag RFID tem alguma informação, no mínimo, o ID. Dependendo do modelo adotado no sistema RFID, a tag pode conter memória para adicionar novas informações. Como exemplo: nome do produto, modelo, preço, marca, entre outras informações importantes. São nesses modelos de tag que o ataque de manipulação da informação é aplicado.

Como exemplo, o individuo pode utilizar um assistente pessoal digital (Personal Digital Assistant – PDA) com o programa *RF Dump-PDA* para manipular as informações da tag. Manipular o preço do produto é uma forma de ataque utilizando a técnica de manipulação da informação da tag. A figura 20 mostra o programa RF Dump-PDA em execução (THORNTON, 2006).

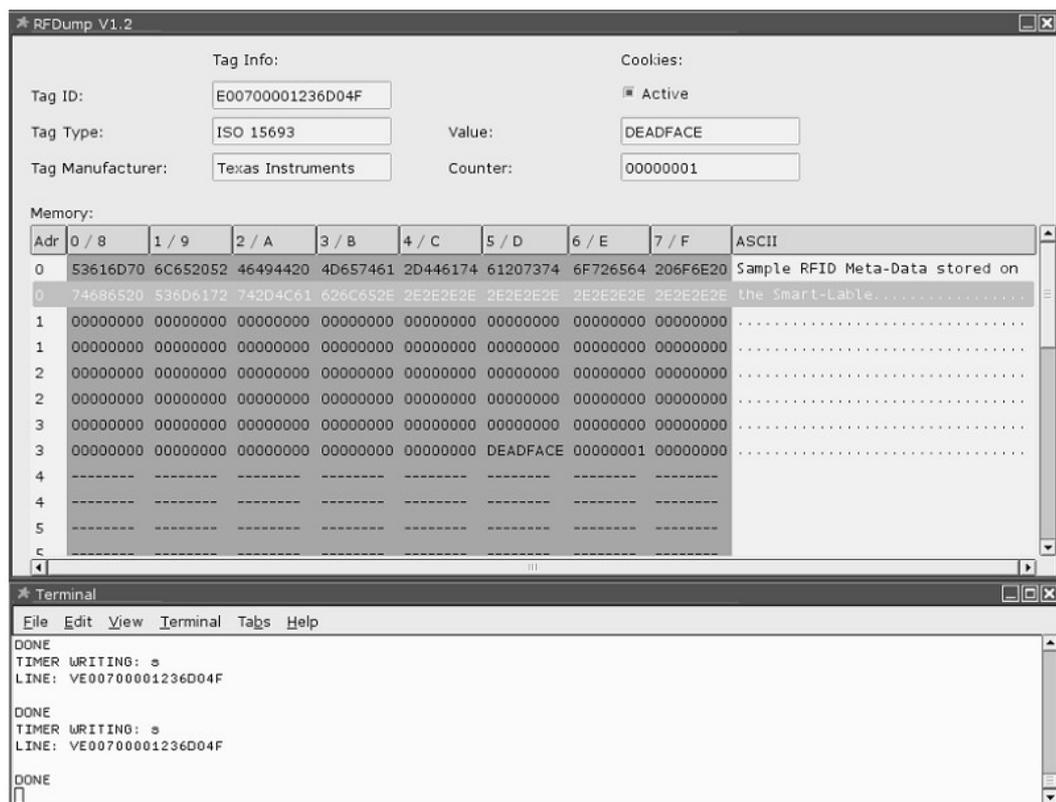


Figura 20: Programa RF Dump-PDA em execução
 FONTE: (THORNTON, 2006).

1.5.3.3. Ataque ao banco de dados

O banco de dados usualmente é esquecido como sendo uma ameaça em um sistema RFID. Como ele faz um trabalho de suporte, e não é visto fisicamente, geralmente é um ativo deixado de lado. Entretanto, é no banco de dados que são guardadas todas as informações que o sistema RFID utiliza. Assim, faz-se necessária a tomada de alguma atitude voltada para a sua segurança.

No projeto, a tag *ID* em criptografada com uma chave simétrica utilizando o algoritmo AES foi implementada visando à proteção dos dados. Dessa forma, se o banco de dados for invadido, o atacante não terá acesso ao real ID da tag. Concluindo, a cifragem das tags é uma solução simples e eficaz que traz maior segurança e confiabilidade ao sistema RFID.

1.5.4. Conclusão

Inicialmente, a idéia era a utilização da função de hash MD5 para a segurança do banco de dados. Entretanto, o MD5 continha vulnerabilidades que uma loja não podia correr. Dessa forma, a migração para o algoritmo AES foi a solução mais viável encontrada. Apesar da mudança de função de hash para algoritmo criptográfico, o resto da segurança se manteve como o planejado. A porta da loja continuará a abrir somente quando todos os produtos estiverem pagos.

Em conclusão, até no projeto final de conclusão de curso a segurança teve que ser adequada ao ambiente. O planejamento inicial estava falho e mudanças foram feitas. Hipoteticamente, o aumento da confiabilidade junto aos clientes será decorrente da grande importância dada à segurança da informação pela loja de varejo.

1.6. CADEIA DE ABASTECIMENTO E CONTROLE DE INVENTÁRIO

1.6.1. Cadeia de abastecimento

1.6.1.1. Introdução

A cadeia de abastecimento é um conceito bastante recente, mas vem sendo elaborado desde a Revolução Industrial, em 1880. O Arsenal de Veneza, naquela época, já introduzira a produção em massa de navios produzindo um navio por dia. Dessa forma, foi-se necessário a utilização do primeiro sistema completo de controle de produção (NextGenerationCenter, 2009).

A partir dos anos 70 do século XX, os negócios tiveram que se adaptar às novas vertentes em pratica pelos mercados consumidores. Os consumidores passaram a procurar por um melhor atendimento e pela redução de custo dos produtos, ou seja, se tornaram mais exigentes. A resposta das empresas foi aumentar a utilização da tecnologia para auxiliar no atendimento aos clientes. Foi nesse momento de mudanças drásticas na relação empresa/cliente que entrou em vigor a gestão da cadeia de abastecimento. Também conhecida como: gestão da cadeia de suprimentos ou rede de entrega de valor (NextGenerationCenter, 2009; KOTLER; ARMSTRONG, 2007).

1.6.1.2. Conceito

De acordo com Hugos (2003), cadeias de abastecimento envolvem as atividades de empresas e negócios necessárias para projetar, fazer, entregar, e utilizar produtos e serviços. Negócios dependem das suas cadeias de suprimentos para provê-los com o que eles precisam para sobreviver e prosperar no mercado. Todo negócio faz parte de uma ou mais cadeias de abastecimento e tem seu papel em cada uma delas.

Todas as empresas devem estar atentas as suas cadeias de abastecimento. No mundo globalizado e diante de mercados cada dia mais ferozes, faz-se indispensável a manutenção de um bom *networking* de cadeias de suprimentos. Cadeias de abastecimento fortes tendem a oferecer maior vantagem competitiva em seus respectivos mercados (HUGOS, 2003).

O termo “gestão de cadeias de abastecimento” surgiu no final dos anos 80 e foi amplamente adotado nos anos 90. Anteriormente a esse tempo, o termo utilizado para descrever essa função era “logística” ou “gestão de operações”. Hoje em dia, sabe-se que o termo logística está contido no conjunto de funções realizadas pela gestão de cadeias de suprimentos. Dentre vários conceitos encontrados sobre gestão da cadeia de suprimentos (Supply Chain Management – SCM), os abaixo citados são de grande relevância:

- "Uma cadeia de suprimentos é o alinhamento de empresas que trazem produtos e serviços para o mercado." (LAMBERT; STOCK; ELLRAM, 1997).
- "Uma cadeia de abastecimento consiste em todos os estágios envolvidos, diretamente ou indiretamente, em satisfazer a requisição do consumidor. A cadeia de suprimentos não apenas inclui a fabricação e os fornecedores, mas também transportadores, armazéns, revendedores, e os próprios consumidores." (CHOPRA; MEINDL, 2001).
- "Uma cadeia de suprimentos é uma rede de instalações e opções de distribuição que realizam as funções de aquisição de materiais, transformação desses materiais em produtos intermediários e finais, e distribuição dos produtos finalizados para os consumidores." (GANESHAN; HARRISON, 2009).

Como há uma diferença entre o conceito de gestão da cadeia de abastecimento e o tradicional conceito de logística. Logística tipicamente se refere a atividades que ocorrem dentro dos limites de uma única organização e cadeias de abastecimento se referem a redes de empresas que trabalham juntamente e coordenam suas ações para entregar um produto para o mercado. Além disso, a logística tradicional foca suas atenções em atividades como aquisição, distribuição, manutenção, e gerencia de inventário. A gestão da cadeia de suprimentos trata todas as funções tradicionais da logística e também inclui atividades como marketing, desenvolvimento de novos produtos, finança, e serviço ao consumidor (HUGOS, 2003).

1.6.1.3. Contextualização com o projeto final

O conceito de gestão da cadeia de suprimentos é muito vasto se comparado ao escopo proposto pelo projeto final. No entanto, o embasamento teórico sobre gestão da cadeia de abastecimento é muito importante para o completo entendimento do que envolve o projeto.

O projeto em si só faz parte da ponta final da cadeia de suprimentos, que é a loja varejista. O sistema implementado auxilia na realização de algumas etapas inerentes à gestão da cadeia de suprimentos. Por exemplo, na loja varejista é feito pedidos aos fornecedores. Também é realizado o controle do inventário. Ao final, os produtos são vendidos aos consumidores finais. A implantação do sistema trará maior agilidade à loja e, conseqüentemente, uma satisfação superior aos consumidores.

A figura 21 mostra um esquemático simplório da gestão de cadeia de suprimentos.

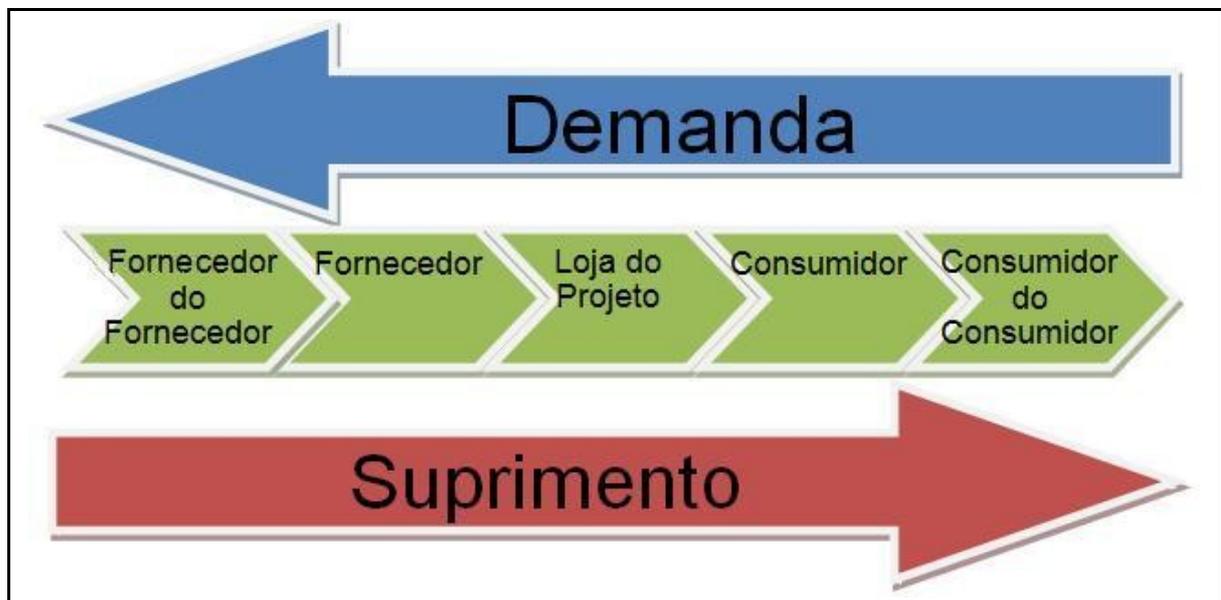


Figura 21: Esquemático simplório exemplificando a gestão da cadeia de suprimentos.
 FONTE: Própria

A gestão da cadeia de abastecimento atualmente está intimamente ligada à tecnologia RFID. O Conselho de Profissionais de Gestão da Cadeia de Suprimentos (CSCMP - *Council of Supply Chain Management Professionals*), que é uma proeminente associação de profissionais de gestão da cadeia de suprimentos, adota

o RFID como tecnologia de suporte para uma melhor gestão da cadeia de suprimentos. Por exemplo, a instituição oferece curso básico sobre RFID como mostrado na figura 22.



Figura 22: Curso de RFID oferecido pela CSCMP.
FONTE: CSCMP, 2009.

1.6.2. Controle de inventário

1.6.2.1. Introdução

Todas as organizações mantêm inventário. Estoques incluem as matérias primas da empresa, o trabalho em execução, suprimentos utilizados em operações, e produtos finalizados. Como a empresa do projeto final é uma loja varejista, não há a manufatura de produtos. Apenas a comercialização de produtos prontos é realizada.

O estoque é fundamental para a operação regular de uma loja varejista. Para uma empresa, que tem como negócio central fornecer bens a seus consumidores, sua atividade primordial é ter produtos disponíveis. Além da disponibilidade, os produtos devem ter um preço aceitável para satisfazer aos consumidores. A balança harmoniosa entre estoque e demanda é realizada pela gestão do inventário (MULLER, 2003).

1.6.2.2. Conceitos

1.6.2.2.1. Inventário

Inventário é a lista de produtos disponível no estoque de uma organização. Há três tipos de estoque: matérias primas, bens acabados, e produtos em elaboração. No caso do projeto final, só trabalhar-se-á com bens acabados. Bens

acabados são produtos prontos para venda aos consumidores. Um carro, por exemplo, é um bem acabado e pronto para a revenda (MULLER, 2003).

1.6.2.2.2. Controle de inventário

Controle de inventário é a atividade que organiza a disponibilidade de produtos para os consumidores. Ele coordena as funções de compra, de fabricação (caso a empresa fabrique) e de distribuição para atender as necessidades do mercado. Essa função inclui o suprimento de produtos a venda, novos produtos, peças sobressalentes, produtos obsoletos e outros suprimentos. O inventário habilita uma companhia a manter o serviço ao consumidor, mesmo quando a logística não é capaz de satisfazer a demanda.

Controle de estoque coexiste no centro de várias atividades de uma empresa. Muitas atividades dependem do correto nível de estoque sendo armazenado. Por exemplo, o pedido de novos produtos ao fornecedor é feita a partir de determinado número de produtos do tipo A no estoque. Toda a dinâmica voltada para a manutenção da balança suprimento X demanda é regulada pelo mercado e gerenciada pela gestão de inventário (WILD, 1998).

1.6.2.3. Contextualização com o projeto final

A idéia central do projeto é manter o inventário da loja sempre atualizado. Dessa forma o inventário será guardado em uma tabela de banco de dados. Os produtos serão cadastrados ao entrarem na loja a partir da tag RFID acoplada em cada item. O id único de cada tag será utilizado como chave primária no banco de dados para sua manipulação. Todas as ações serão gravadas no banco de dados, portanto o controle de inventário poderá ser efetuado dessa maneira. A figura 23 mostra como foi modelada a tabela do banco de dados.

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
id_cadastrado	int(11)	NO	PRI	NULL	auto_increment
codtag_cadastrado	varchar(32)	YES		NULL	
estado_produto	tinyint(1)	NO		0	
produto_id_prod	int(11)	NO	PRI	NULL	
produto_fornecedor_id_fornecedor	int(11)	NO	PRI	NULL	

Figura 23: Tabela dos produtos cadastrados ainda em fase de testes
 FONTE: Própria

1.7. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO FÍSICO

1.7.1. Apresentação geral do modelo proposto

1.7.1.1. Visão geral do projeto

Como todo projeto, esse também passou por algumas fases, como: pesquisar referencial teórico, escrever monografia, programar sistemas, testar *hardware* e *software* e construir maquete. Cada fase foi controlada utilizando-se o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act* - Planejar, Fazer, Controlar, Ajustar). A utilização dessa metodologia no decorrer do projeto trouxe grandes vantagens, como exemplo a redução de retrabalho. A figura 24 mostra, via fluxograma, as fases do projeto.

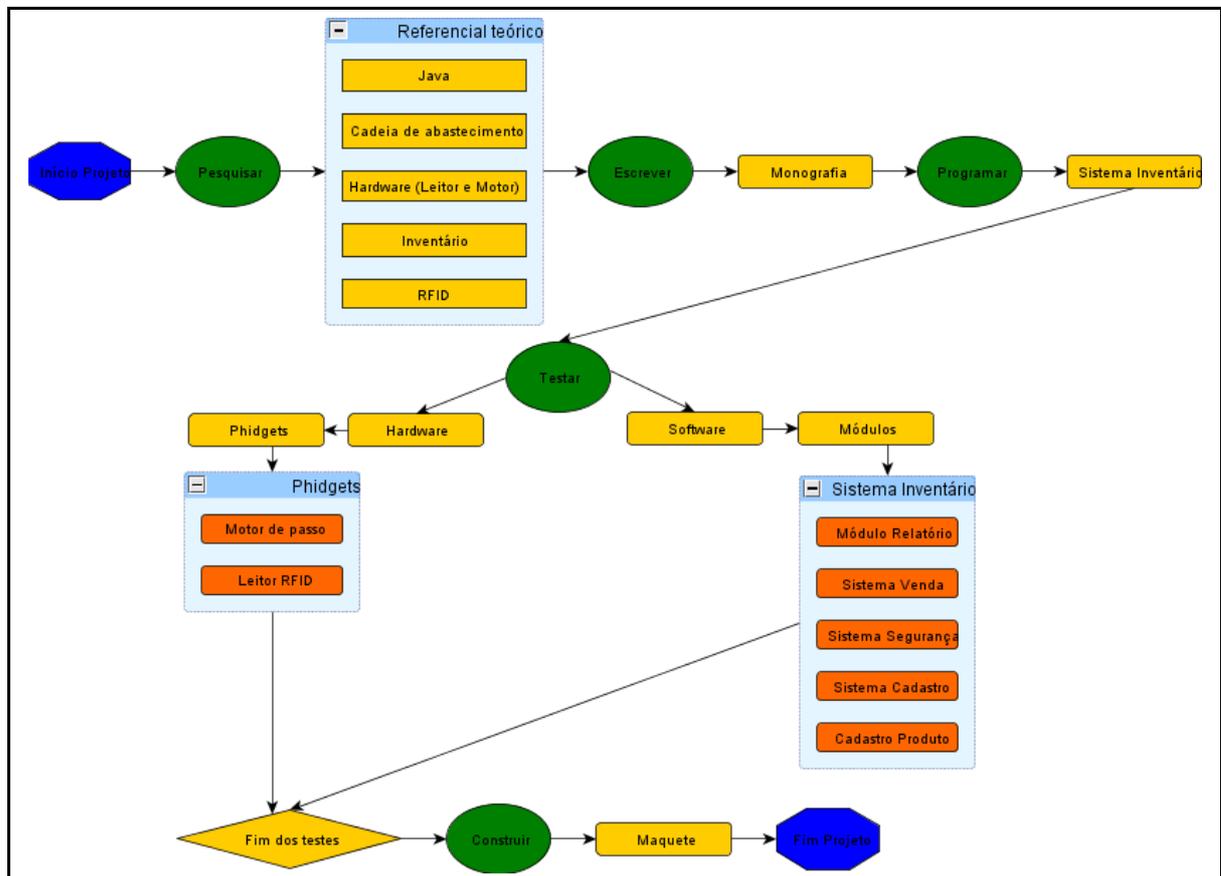


Figura 24: Fluxograma da visão geral do projeto
 FONTE: Própria

1.7.1.2. Topologia do projeto

A topologia lógica do projeto final é descrita na figura 25. Primeiramente é apresentado um fluxograma descrevendo todas as funcionalidades do projeto final. Em seguida é feita uma descrição de cada ligação lógica entre os vários componentes do sistema.

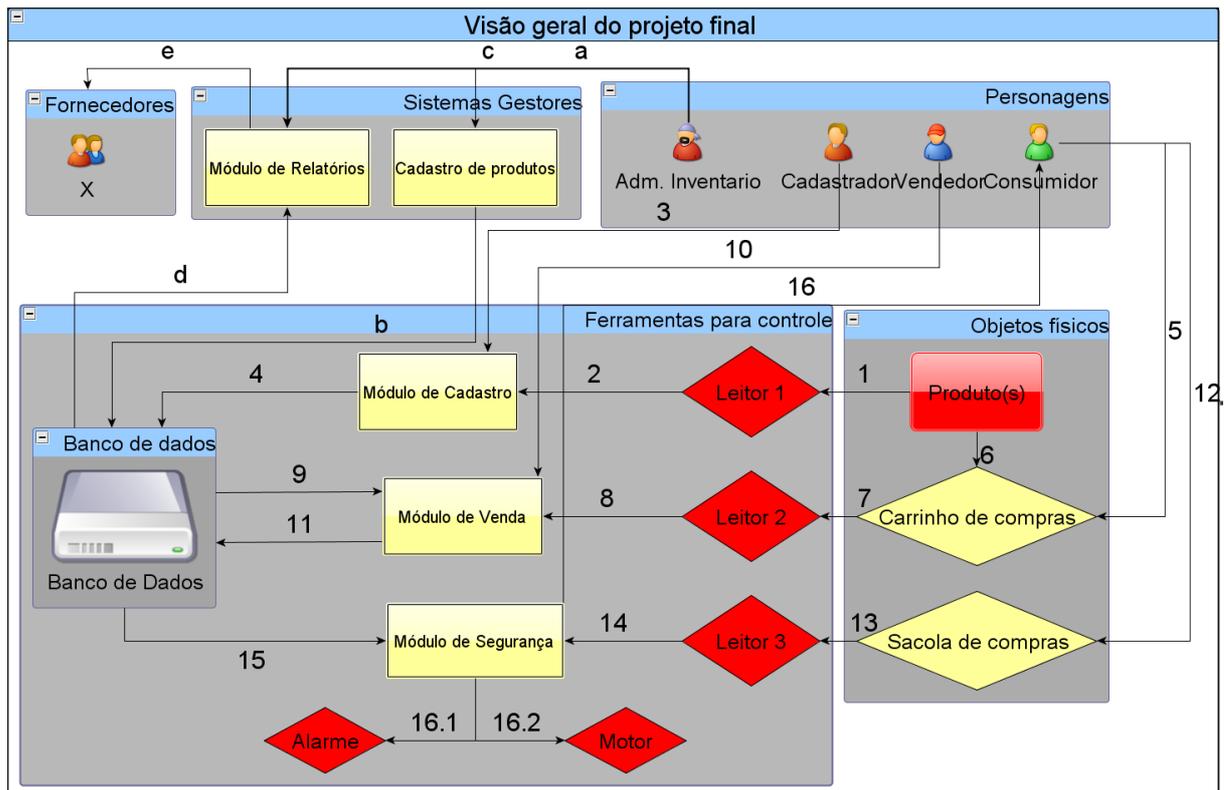


Figura 25: Topologia do projeto
FONTE: Própria.

1.7.1.2.1. Descrição dos elementos da topologia

Personagens:

- **Administrador de inventários:** Responsável pela gerencia do inventário e pela requisição de novos produtos.
- **Cadastrador:** Responsável pelo cadastramento de produtos que chegam dos fornecedores.
- **Vendedor:** Responsável pela venda dos produtos aos consumidores.
- E por fim o consumidor.

Fornecedores:

- São os “X” fornecedores de produtos relacionados à cadeia de suprimentos da loja de varejo.

Sistemas Gestores:

- **Módulo de relatório:** Gera lista de disponibilidade de um produto e faz pedidos ao fornecedor.
- **Cadastro de produto:** Faz o cadastro do produto em si.

Ferramentas para controle:

- **Módulo de cadastro:** Faz o cadastro de itens no banco de dados de inventário. Um item é um produto relacionado a uma etiqueta RFID com ID único.
- **Módulo de venda:** Realiza a venda dos produtos localizados no carrinho de compras do consumidor.
- **Módulo de segurança:** Verifica quanto ao estado dos itens contidos nas sacolas de compra.
- **Banco de dados:** Guarda os dados utilizados pelos módulos do Sistema para controle de inventário através da tecnologia RFID.

Demais componentes:

- **Produto:** Nesse caso, é composto do produto propriamente dito e da etiqueta RFID.
- **Carrinho de compras e sacola de compras:** Utilizados pelo consumidor para a manipulação dos produtos a serem comprados.
- **Leitor RFID:** Leitor RFID *Phidget*.
- **Motor de passo:** Motor de passo *Phidget*.
 - Serão explicados com profundidade na seção “Descrição do hardware e maquete”.

1.7.1.2.2. Descrição das interligações entre os elementos da topologia

1.7.1.2.2.1 Interligações referentes às Ferramentas de controle.

O sistema de cadastro abrange da etapa 1 a 4:

- 1) Produto que chega do fornecedor é lido pelo leitor RFID do Módulo de Cadastro;
- 2) Leitor envia o ID único da etiqueta RFID lida para o Módulo de cadastro;
- 3) Cadastrador utiliza o Módulo de cadastro para cadastrar os produtos lidos na etapa 1.
- 4) Produtos lidos na etapa 1 são inseridos no banco de dados.

O sistema de venda abrange da etapa 5 a 11:

- 5) Consumidor entra na loja e seleciona um carrinho de compras.
- 6) O consumidor coloca os produtos selecionados no carrinho de compras.
- 7) Após a finalização das compras, o consumidor leva o carrinho de compras ao caixa, onde lá cada produto é lido pelo leitor RFID do Módulo de venda.
- 8) Leitor envia o ID único das etiquetas RFID lidas para o Módulo de venda;
- 9) O Módulo de vendas faz a requisição das informações, referentes aos produtos lidos pelo leitor, ao banco de dados;
- 10) O consumidor faz o pagamento dos produtos (Etapa colocada exclusivamente para facilitar o entendimento, pois o sistema não abrange controle financeiro.);
- 11) Vendedor faz a venda dos produtos e muda o estado dos itens no banco de dados para pago.

O sistema de segurança abrange da etapa 12 a 16.2:

12) Consumidor coloca os produtos comprados na etapa 11 nas sacolas de compra e se dirige a porta de saída;

13) Produtos contidos na sacola de compras do consumidor são lidos pelo Leitor RFD do Módulo de segurança;

14) O ID único de cada produto lido é enviado para o Módulo de segurança;

15) O Módulo de segurança verifica o estado de cada produto lido pelo leitor RFID junto ao banco de dados.

16) O consumidor recebe autorização, caso todos os produtos na sacola de compras estejam pagos.

16.1) Se algum dos produtos não tiver sido pago, o alarme soará.

16.2) Se algum dos produtos não tiver sido pago, a porta não se abrirá.

1.7.1.2.2 Interligações referentes aos Sistemas gestores

a) O Administrador de inventário utiliza o módulo Cadastro de produtos para cadastrar os produtos que a loja fornecerá aos consumidores (Cadastro do modelo do produto. Por exemplo: Produto1, da Marca1, do Modelo1 e preço X).

b) Os registros são gravados no banco de dados.

c) O Administrador de inventário faz utilização do Módulo de relatórios para listagem dos produtos no banco de dados ou para fazer pedidos aos fornecedores.

d) O Administrador realizou a listagem de produtos.

e) O Administrador realizou o pedido de novos produtos.

1.7.1.2.3. Descrição do Sistema de inventário em funcionamento

Em um primeiro lugar há os personagens que fazem utilização dos sistemas. Cada personagem tem uma função e um módulo no qual interage de forma mais direta. No caso do personagem “Administrador de Inventário”, ele é responsável pelos módulos componentes do Sistema Gestor. O Módulo de Relatórios gera relatórios sobre os produtos em estoque. Ele também é responsável pela requisição de produtos aos fornecedores. Já o módulo Cadastro de Produtos é responsável pelo cadastro dos produtos e dos fornecedores no sistema. As figuras 26 e 27 mostram os dois módulos em execução.

A interface do usuário para o 'Cadastro de produtos' apresenta um formulário com os seguintes elementos:

- Novos produtos:** Campos de entrada para Nome, Marca, Modelo, Preço, Fornecedor e E-mail.
- Fornecedores já cadastrados:** Uma lista de seleção contendo 'Item 1', 'Item 2', 'Item 3', 'Item 4' e 'Item 5'.
- Produtos já cadastrados:** Uma lista de seleção contendo 'Item 1', 'Item 2', 'Item 3', 'Item 4' e 'Item 5'.
- Botões de ação: 'Cadastrar' e 'Cancelar'.

Figura 26: Cadastro de produtos em funcionamento
FONTE: Própria

A interface do usuário para o 'Módulo de relatório' apresenta os seguintes elementos:

- Seleção de produto:** Um menu suspenso com 'Item 1' selecionado.
- Lista de inventário:** Uma lista contendo 'Item 1', 'Item 2', 'Item 3', 'Item 4' e 'Item 5'.
- Informações gerais:** Campos de entrada para Fornecedor, E-mail, Produto, Marca, Modelo e Preço.
- Pedidos ao fornecedor:** Uma seção com o rótulo 'Quantidades:' e um campo de entrada.
- Botões de ação: 'Fazer pedido' e 'Cancelar'.

Figura 27: Módulo de relatório em funcionamento
FONTE: Própria

O personagem “Cadastrador” fará uso do Módulo de Cadastro, que é componente das Ferramentas para controle. Cada novo produto que chega do

fornecedor passará pelo Módulo de Cadastro, o qual fará a inserção do produto (Produto + ID único da etiqueta RFID) no banco de dados de inventário da loja. Cada ID será criptografado antes de ser gravado no banco de dados. A figura 28 mostra Sistema de Cadastro em funcionamento.

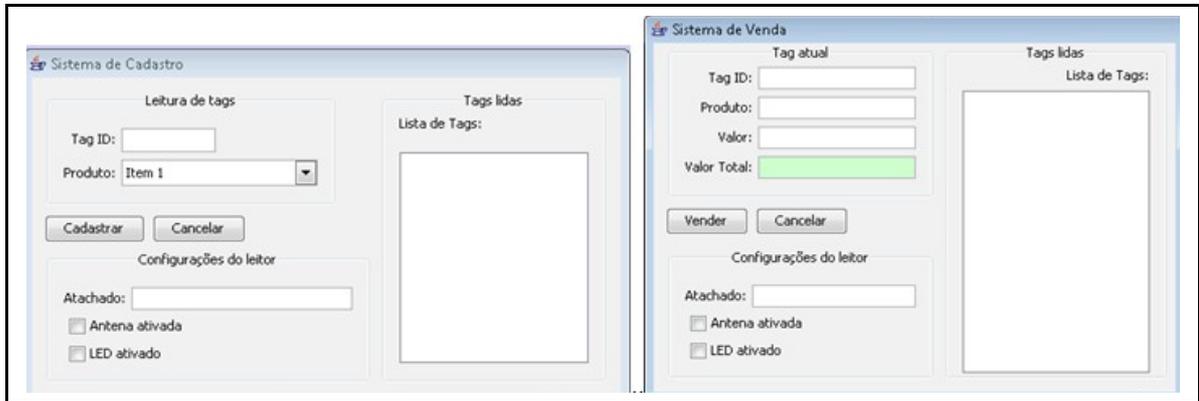


Figura 28: Sistemas de cadastro e de venda em funcionamento
 FONTE: Própria.

Acima temos a figura do Sistema de Venda. O Módulo de Venda (Sistema de Venda) é operado pelo personagem “Vendedor”. O personagem “Consumidor” passará com o carrinho de compras pelo caixa e o “Vendedor” fará a venda justamente dita. Em seguida o “Consumidor” sairá pela porta e é nessa hora que o Módulo de Segurança entra em ação. Todos os produtos contidos na sacola de compras serão verificados quanto a seu estado, “pago” ou “não pago”. Após a verificação, ou a porta é aberta normalmente, ou se mantém fechada e o alarme é disparado. Abaixo a figura 29 mostra o sistema de segurança.

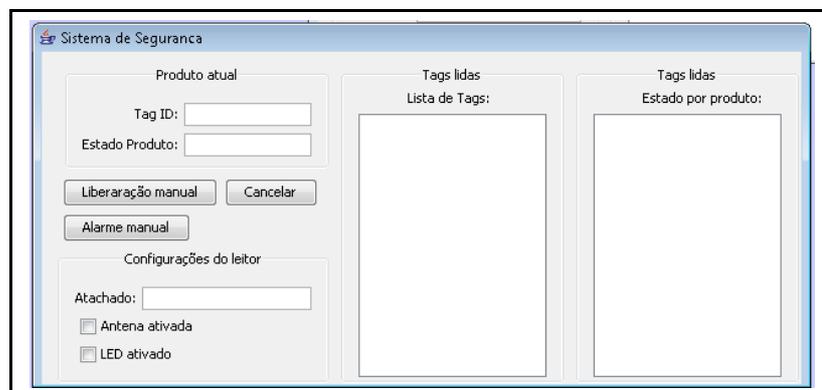


Figura 29: Sistema de segurança em funcionamento.
 FONTE: Própria.

1.7.1.3. Descrição do *hardware* e maquete

1.7.1.3.1. Utilização do hardware no projeto

A demonstração para a banca será feita a partir de uma maquete construída de acrílico. Na maquete serão afixados o leitor RFID e o motor de passo para dar vida ao projeto físico. O leitor RFID se moverá em três posições: entrada de produtos, venda de produtos e na saída da loja. Já o motor de passo ficará instalado na saída da loja para controle de segurança.

Assim que o produto entrar na loja, ele passará pelo leitor RFID de cadastramento. Logo em seguida, o produto será cadastrado na tabela denominada “cadastrados” do banco de dados “projeto final”. A partir deste instante, o produto será considerado em estoque e pronto para ser vendido.

No momento que o produto for comprado, o leitor de venda entra em ação. Logo que for feita a leitura da tag para a venda do produto, uma *query* será feita para buscar as informações do produto. Após essa etapa, o produto será vendido e, portanto, seu estado mudará de “não pago” para “pago”.

Na saída dos produtos da loja, o leitor de segurança é ativado. A função desse leitor é fazer a verificação de estado do produto. Caso o produto esteja com o estado de “não pago”, a porta não se abrirá e um alarme soará. No entanto, se o estado do produto já tiver sido mudado para “pago”, a porta se abrirá. Há uma limitação quanto ao número de verificações feitas na saída. O leitor RFID – *phidget* só consegue ler uma tag RFID por vez. Portanto, a verificação será pontual por produto.

1.7.1.3.2. Leitor RFID – *Phidget*

1.7.1.3.2.1 Porque o leitor RFID – *Phidget*?

A escolha do leitor RFID a ser utilizado no projeto final foi uma etapa determinística. Nos primórdios da pesquisa sobre RFID, os leitores encontrados no mercado eram caros e muito complexos para o projeto em questão. Após algum esforço de pesquisa, o leitor RFID da marca canadense *Phidget* foi selecionado.

O leitor RFID – *Phidget* é próprio para o desenvolvimento de protótipos. Seu baixo custo e grande mobilidade criativa lhe reservam um dos melhores custo/benefício do mercado. Uma das melhores características desse leitor é a ampla gama de interfaces para programação de aplicações (*Application Programming Interface* – API) de programação oferecida. Dentre tantas opções de linguagens, a Java foi a selecionada para esse projeto. Portanto, devido a tantas opcionais e facilidades trazidas pelo leitor RFID – *Phidget*, ele foi o escolhido. A figura 30 mostra o leitor RFID – Phidget (PHIDGET, 2009).

1.7.1.3.2 Características técnicas do leitor

Principais características do leitor RFID – *Phidget*:

- Lê tags RFID trazidas a 7 cm do leitor;
- Lê qualquer tag que utilize o protocolo EM4102;
- Retorna o ID único contido em cada tag;
- Provê duas saídas digitais para controlar LEDs, relays, etc;
- Contem um LED;
- Conecta-se diretamente a USB do computador.

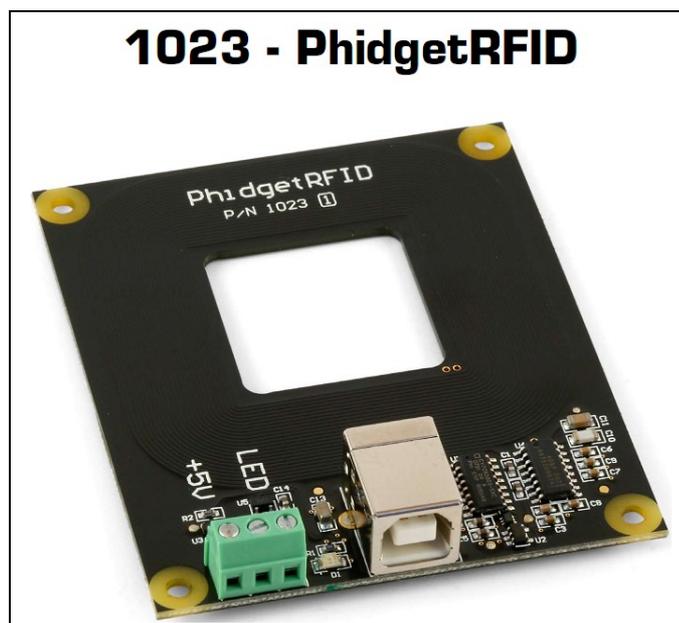


Figura 30: Leitor RFID – Phidget.

FONTE: (PHIDGET, 2009).

1.7.1.3.2.3 Protocolo utilizado

Para um leitor RFID (como o RFID – Phidget) se comunicar com as tags RFID, eles devem compartilhar um mesmo protocolo de comunicação. Esse protocolo atua como um grupo de regras para definir a forma de comunicação sem fio entre o leitor e a tag. O leitor RFID – Phidget (assim como as tags vendidas pela Phidget) utilizam o protocolo EM4102. Quaisquer outras tags que também utilizem o protocolo EM4102 podem ser lidas pelo leitor RFID – Phidget (PHIDGET, 2009).

1.7.1.3.2.4 Comunicação e efetividade

Como as tags passivas precisam de um forte campo de Rádio Frequência para operar, seu limite de leitura é bem menor que as tags ativas. A zona de interrogação que um leitor gera é o local onde as tags passivas funcionam. No caso do leitor RFID – Phidget, tags trazidas até 7 cm de distância do leitor podem ser lidas.

Levando em conta que o projeto final é um protótipo, a distância de 7 cm é mais do que necessária. Uma única limitação encontrada para a implementação do projeto foi a incapacidade de ler múltiplas tags. O leitor RFID – Phidget não dispõe de detecção de colisão. Caso duas ou mais tags sejam trazidas ao campo de leitura ao mesmo tempo, nenhuma tag será lida. Assim, uma tag deve ser removida do campo de leitura antes de se ler outra. A figura 31 mostra o esquemático do leitor RFID – Phidget (PHIDGET, 2009).

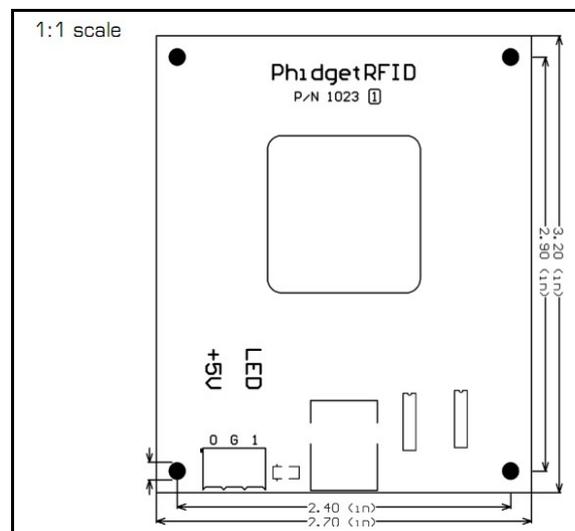


Figura 31: Esquemático do leitor RFID – Phidget
 FONTE: (PHIDGET, 2009).

1.7.1.3.3. Motor de passo – Phidget

1.7.1.3.3.1 Porque o motor de passo – Phidget?

A escolha desse modelo de motor de passo foi uma etapa simples no projeto. A empresa canadense *Phidget* produz vários produtos voltados para a robótica e automação. Devido às grandes facilidades trazidas pelos produtos *Phidget*, como a comunicação direta via USB, o motor de passo foi prontamente selecionado.

1.7.1.3.3.2 Características técnicas do motor de passo

O kit do motor de passo *Phidget* contém três componentes:

- 1) O controlador do motor de passo;
- 2) O cabo USB;
- 3) E o motor de passo em si.

A figura 32 ilustra os componentes do motor de passo.

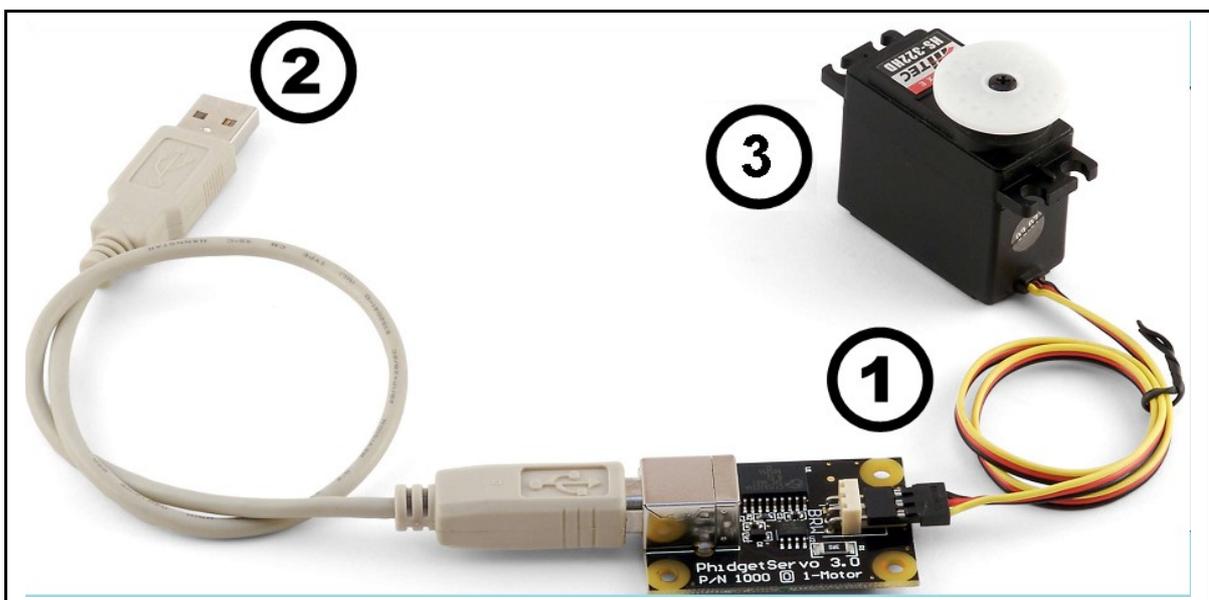


Figura 32: Kit do motor de passo
 FONTE: (PHIDGET, 2009).

1.7.1.3.3 Controlador do motor de passo

O controlador do motor de passo pode controlar um motor de passo conectado diretamente via porta USB. O motor tem uma precisão de 0.1 graus, muito maior do que o necessário para a aplicação do projeto (PHIDGET, 2009).

1.7.1.3.3.4 Motor de passo

Servos são motores que tipicamente são usados quando posições precisas necessitam ser obtidas. Motores de passo são um tipo específico de motores elétricos. Internamente, uma haste de um servo motor é mecanicamente conectada a um potenciômetro. Com isso, o circuito eletrônico integrado do motor sabe a presente posição da haste. Daí, um sinal modulado por código de pulsos (PCM) enviado pelo controlador diz ao motor a posição desejada da haste (que é configurada via software). O motor é então ligado e controlado pelo circuito eletrônico integrado até a posição desejada ser alcançada (PHIDGET, 2009).

1.7.1.3.4. Phidget Control Panel

Todos *Phidgets* compartilham um mesmo software de gerenciamento chamado *Phidget Control Panel*. A figura 33 exemplifica o software de gerenciamento *Phidget* (PHIDGET, 2009).

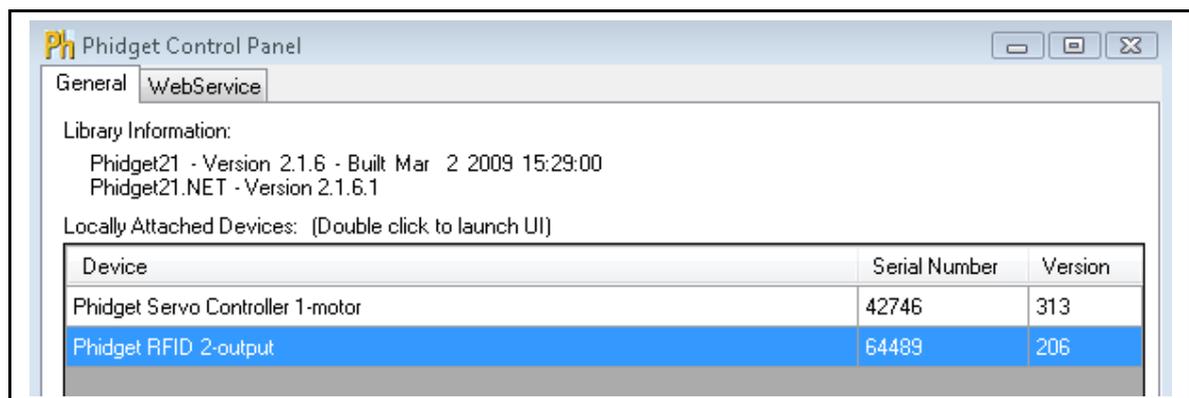


Figura 33: *Phidget Control Panel*

FONTE: Própria.

1.7.1.4. Metodologia e ferramentas empregadas

Todos os programas do projeto foram inteiramente desenvolvidos na linguagem de programação Java. Sua utilização deve-se à anterior experiência com a linguagem de programação e a grande variedade de material disponível na Internet e em livros. Além disso, tanto o leitor RFID quanto o Motor de passo utilizados tem uma interface de programação de aplicativos (*Application Programming Interface* – API) disponibilizada em Java, o que facilitou bastante a comunicação e a integração do *hardware* com o *software*.

As ferramentas utilizadas na implantação desse projeto são todas, invariavelmente, gratuitas. No caso do ambiente de desenvolvimento, foram escolhidos o *Eclipse* e o *Netbeans*. As duas ferramentas tem a mesma função que é a de facilitar o desenvolvimento. No desenvolvimento, o *Netbeans* ajudou bastante no quesito interface gráfica. Já o *Eclipse* foi utilizado para o resto da programação. O banco de dados escolhido foi o *MySQL* pela anterior experiência na matéria Banco de dados 1. Para a modelagem do banco de dados foi utilizado o *MySQL Workbench* que auxilia a criação de tabelas e relacionamentos. Programas como o *yEd Graph Editor* e o *Dia* ajudaram na criação de fluxogramas relacionados ao projeto. E o *Google SketchUp* auxiliou na modelagem da maquete. A figura 34 mostra as ferramentas utilizadas no decorrer desse projeto.

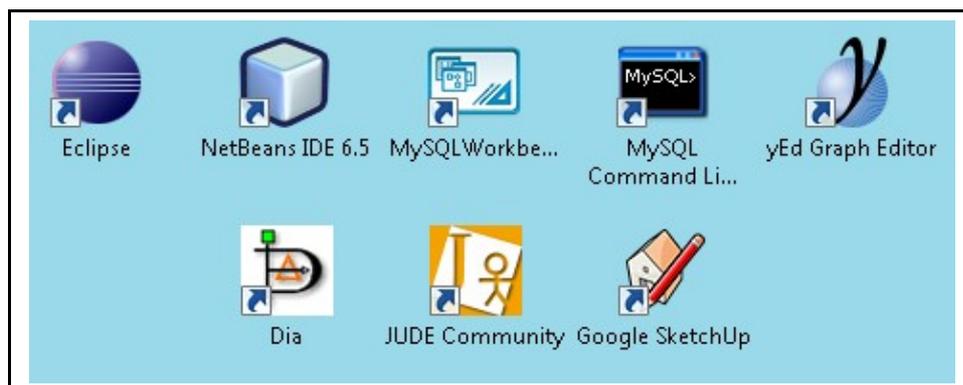


Figura 34: Ferramentas utilizadas nesse projeto.
FONTE: Própria.

1.7.1.5. Diagramas de dados e de software

1.7.1.5.1. Diagrama de dados

Abaixo, a figura 35 mostra do diagrama de dados do projeto final.

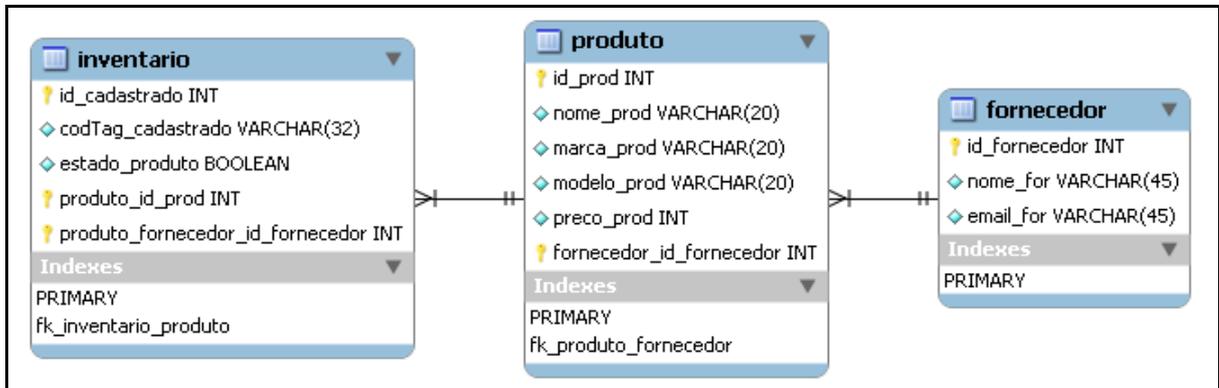


Figura 35: Diagrama do banco de dados.
 FONTE: Própria.

1.7.1.5.1.1 Descrição do diagrama de dados

As tabelas 5, 6 e 7 abaixo descreveram o diagrama de dados do projeto final.

Tabela: Fornecedor

Campo	Descrição
<code>id_fornecedor</code>	Guarda o identificador único de cada fornecedor.
<code>nome_for</code>	Guarda o nome de cada fornecedor.
<code>email_for</code>	Guarda o e-mail de cada fornecedor.

Tabela 5: Descrição da tabela "fornecedor".
 FONTE: Própria.

Essa tabela 5 guarda as informações sobre os objetos tipo fornecedor que o sistema utilizará. O e-mail cadastrado será utilizado para o pedido de novos produtos.

Tabela: Produto

Campo	Descrição
id_prod	Guarda o identificador único de cada produto.
nome_prod	Guarda o nome de cada produto.
marca_prod	Guarda a marca de cada produto.
modelo_prod	Guarda o modelo de cada produto.
preco_prod	Guarda o preço de cada produto.
fornecedor_id_fornecedor	É o id do fornecedor desse produto.

Tabela 6: Descrição da tabela "Produto".

FONTE: Própria.

Essa tabela guarda as informações sobre os objetos tipo produto utilizados no sistema.

Tabela: Inventário

Campo	Descrição
id_cadastrado	Guarda o identificador único de cada item cadastrado.
codTag_cadastrado	Guarda o ID único da etiqueta RFID criptografado em AES.
estado_produto	Guarda o estado de cada produto.
produto_id_prod	É o id do produto desse item.
produto_fornecedor_id_fornecedo r	É o id do fornecedor desse item.

OBS: Item é um produto identificado por uma etiqueta RFID.

Tabela 7: Descrição da tabela "Inventário".

FONTE: Própria.

Essa é a tabela que guarda todos os itens no estoque da loja de varejo.

1.7.1.5.2. Diagrama de *software*

Como metodologia de desenvolvimento, o sistema foi dividido em oito pacotes de classes. Cada pacote contém classes afins que exercem funções parecidas. Os pacotes são listados a seguir: *classesBasicas*, *classesDAO*, *classesMiddleware*, *classesSeguranca*, *listenersSC*, *listenersServo*, *listenersSS* e *listenersSV*. A figura 36 mostra os oito pacotes utilizados para a programação do sistema.

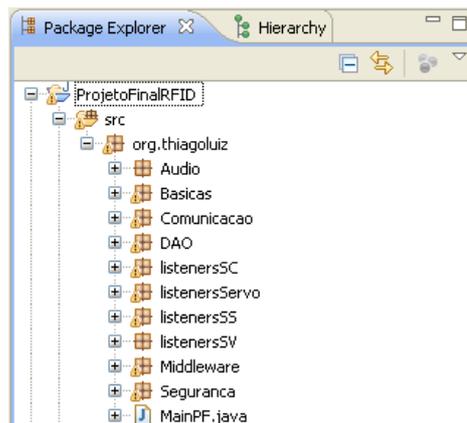


Figura 36: Pacotes utilizados para a programação do sistema.
FONTE: Própria.

1.7.1.5.2.1 Pacote “*classesBasicas*”

Esse pacote contém classes que são a base para todo o resto. Ele reúne a classe *Main* - classe principal que chama as demais; a classe *Visão* – responsável por construir a interface gráfica; a classe *Produto* – modelo para os objetos produto; a classe *Fornecedor* – modelo para os objetos fornecedor e a classe *Item* – modelo para objetos item. A figura 37 mostra o relacionamento entre essas classes.

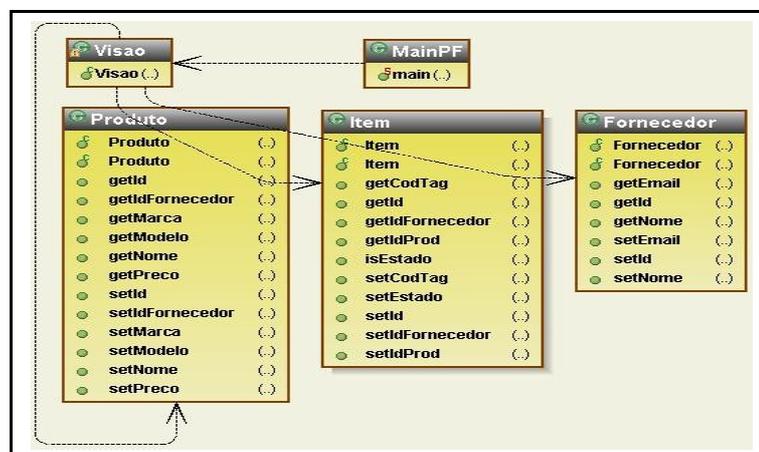


Figura 37: Relacionamento entre as classes componentes do pacote “*classesBasicas*”.
FONTE: Própria.

1.7.1.5.2.2 Pacote “classesDAO”

Esse pacote contém as classes que fazem acesso ao banco de dados. DAO significa Objeto de Acesso a Dados (*Data Access Object*). A classe que programa essa funcionalidade chama-se *ProdutoDAO*. Essa classe insere, apaga e modifica registros das tabelas no banco de dados. No pacote *classesDAO* também é encontrado a classe *ConnectionFactory* que é uma fabrica de conexões ao banco de dados. A figura 38 abaixo mostra o relacionamento entre as classes contidas no pacote “classesDAO”.



Figura 38: Relacionamento entre as classes componentes do pacote “classesDAO”.
FONTE: Própria.

1.7.1.5.2.3 Pacote “classesMiddleware”

Nesse pacote são agrupadas todas as classes que tem funcionamento similar a um *middleware*. Essas classes fazem a comunicação entre o *hardware* (leitor ou motor de passo) e outras classes que utilizam as funcionalidades do *hardware*. Elas são: `MiddlewareRFIDSC`, `MiddlewareRFIDSV`, `MiddlewareRFIDSS` e `MiddlewareServo`. As classes componentes desse pacote não têm relacionamento entre si, por isso foi adicionado a classe `Visao` ao diagrama para se obter relacionamentos. A figura 39 mostra o relacionamento das classes do pacote “classesMiddleware” e a classe `Visao`.

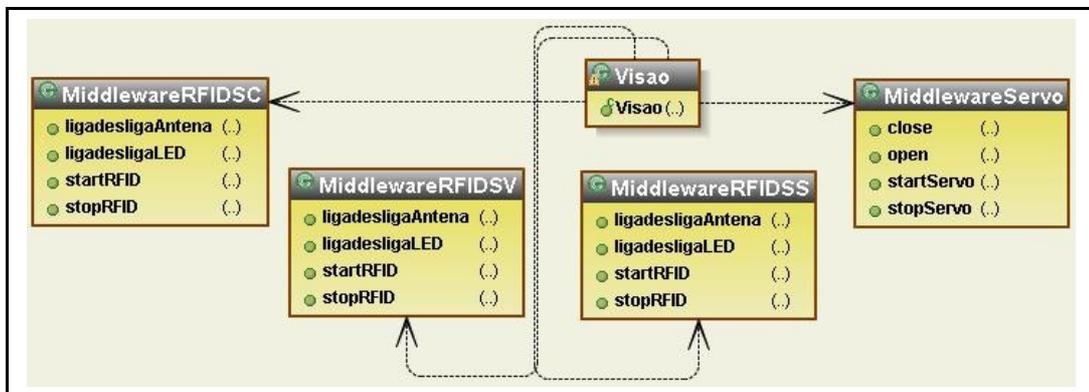


Figura 39: Relacionamento das classes do pacote “classesMiddleware” e a classe `Visao`.
FONTE: Própria.

1.7.1.5.2.4 Pacote “classesSeguranca”

Apesar de existir somente uma classe que implementa segurança no projeto, ela foi colocada nesse pacote. A classe que programa a criptografia AES chama-se `AES`. Abaixo a figura 40 mostra o diagrama de relacionamento entre a classe `AES` e `Visao`.

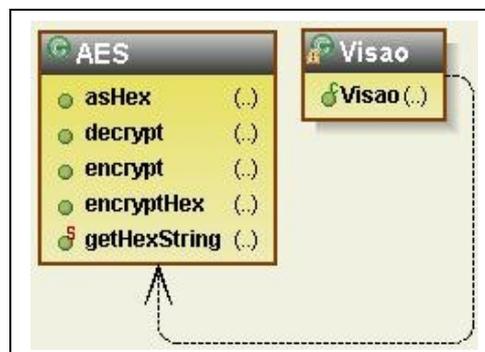


Figura 40: Relacionamento da classe `AES` com a classe `Visao`.
FONTE: Própria

1.7.1.5.2.5 Pacotes “listeners...”

Os pacotes iniciados com “listeners” são classes que tratam eventos provindos do *hardware* (Leitor RFID e motor de passo). Os pacotes *listenersSC*, *listenersSV* e *listenersSS* tratam eventos do leitor RFID. Cada classe *listener* se relaciona a uma classe *Middleware*. A figura 41 ilustra o diagrama de relacionamento da classe *MiddlewareRFIDSC* e dos das classes componentes do pacote *listenersSC*. Os demais relacionamentos seguem esse padrão.

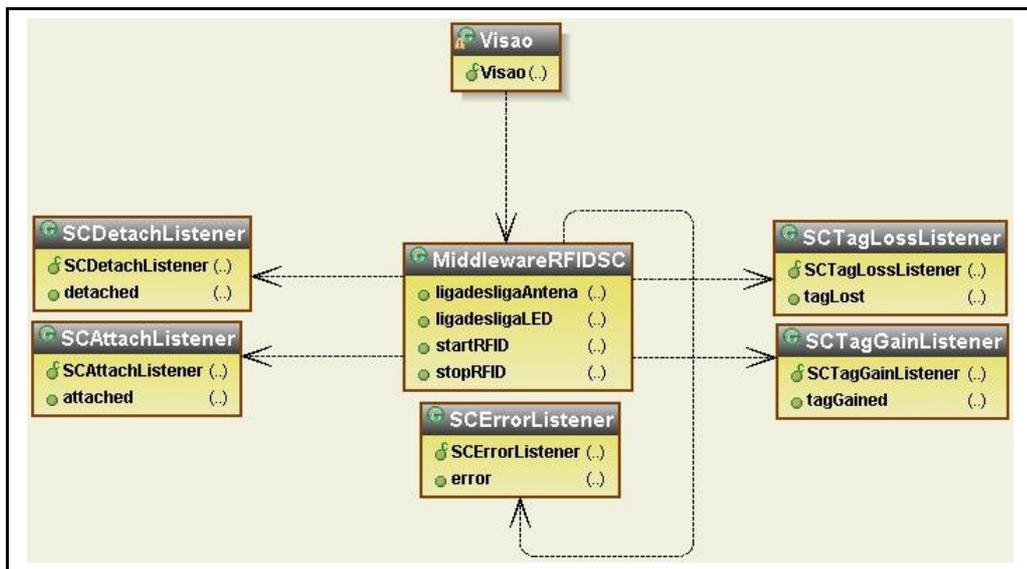


Figura 41: Relacionamento entre a classe *MiddlewareRFIDSC* e as classes do pacote *listenersSC*.
 FONTE: Própria.

1.7.2. Descrição das etapas do Sistema de inventário

Nessa seção efetuar-se-á uma descrição detalhada de cada etapa necessária para o desenvolvimento do Sistema de controle de inventário através da tecnologia RFID. Ou seja, será feito um detalhamento do trabalho realizado para a programação do sistema.

O sistema foi dividido em cinco módulos distintos. Cada módulo realiza uma função em separado, mas todos – de certa maneira – são interligados. Desses cinco, três são denominados “Ferramentas para controle” (**Módulo de cadastro, módulo de venda e módulo de segurança**), porque utilizam o *hardware* como ferramenta para o auxílio no controle de estoque e segurança. Os módulos restantes foram denominados “Sistemas Gestores” (**Módulo de relatórios e cadastro de produtos**), pois tem o papel de auxiliar a gestão de inventário.

Nas seções subsequentes serão explicados módulo por módulo, justificando o porquê de sua existência e demonstrando a utilização dos métodos e técnicas escolhidos para sua programação. Em favor de melhor didática, os módulos serão explicados de forma lógica e na sequência de utilização dos mesmos.

1.7.2.1. Cadastro de produtos

Esse módulo é essencial para o funcionamento do sistema como um todo, pois ele é responsável pelo cadastro do modelo de produtos que serão vendidos na loja. Esses modelos serão utilizados pelo Módulo de cadastro para cadastrar o item que chega do fornecedor. Além do cadastro de produtos, esse módulo também cadastra os fornecedores dos produtos.

As informações de produtos e fornecedores são gravadas, respectivamente, nas tabelas “produto” e “fornecedor”. Para o cadastramento de um novo produto, pode-se utilizar um fornecedor disponível na lista de fornecedores já cadastrados ou cadastrar um novo fornecedor para o novo produto. A figura 42 mostra o módulo cadastro de produtos em funcionamento.

A interface gráfica do módulo 'Cadastro de produtos' apresenta o seguinte layout:

- Novos produtos:** Campos de entrada para Nome, Marca, Modelo, Preço, Fornecedor e E-mail. Botões de 'Cadastrar' e 'Cancelar'.
- Fornecedores:** Lista de 'Fornecedores já cadastrados' com os itens 'Fornecedor 1', 'Fornecedor 2' e 'Fornecedor 3'.
- Produtos:** Lista de 'Produtos já cadastrados' com os itens 'Nome1 - Marca1', 'Nome2 - Marca2', 'Nome3 - Marca3', 'Nome4 - Marca4', 'Nome5 - Marca5', 'Nome6 - Marca6' e 'Nome7 - Marca7'.

Figura 42: Cadastro de produtos em funcionamento
 FONTE: Própria.

A interface gráfica desse e de todos outros módulos no decorrer do projeto foram feitas com o auxílio do *Netbeans*. A codificação desse módulo foi colocada no CD anexo à monografia. A localização desse código dentro de CD se encontra no APÊNDICE - A.

1.7.2.2. Módulo de cadastro

O módulo de cadastro é a base para o projeto como um todo. Ele é o responsável por relacionar o ID único da etiqueta RFID lida a um produto previamente cadastrado no módulo Cadastro de produtos. Além disso, ele também criptografa o ID único das etiquetas antes de inseri-las na tabela “inventario”. A figura 43 mostra o módulo de cadastro em funcionamento.

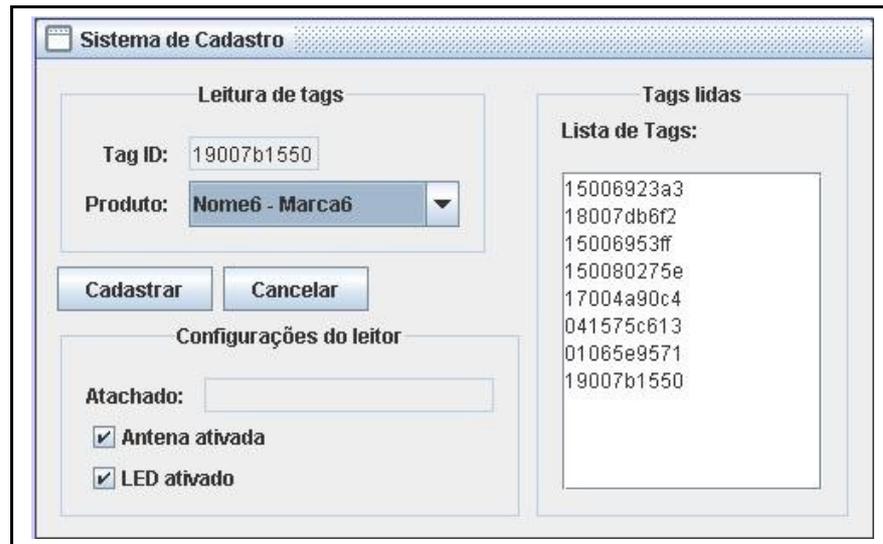


Figura 43: Módulo de cadastro em funcionamento.
FONTE: Própria.

Como esse módulo utiliza hardware para o seu funcionamento, ele faz uso de uma classe middleware e de seus “ouvintes” (*listeners*) para a interação com o leitor RFID. A figura 44 mostra o relacionamento entre a classe `MiddlewareRFIDSC` e seus listeners.

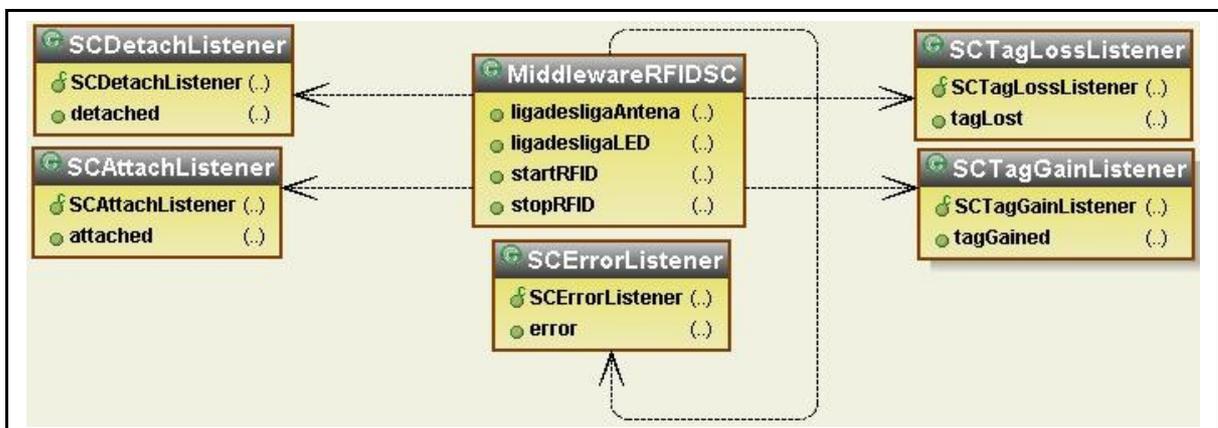


Figura 44: `MiddlewareSC` e seus listeners.
FONTE: Própria.

A classe Middleware tem quatro métodos que interagem com o leitor RFID. Esses métodos são utilizados por alguma outra classe que deseje fazer uso do leitor. O método **startRFID** inicia os ouvintes (*listeners*) e abre a comunicação com o leitor. Já o método **stopRFID** para os ouvintes (*listeners*) e fecha a comunicação com o leitor.

Cada ouvinte (*listener*) tem uma função. O **SCAttachListener** lança eventos sempre que algum leitor RFID é conectado à alguma USB do computador. Já o **SCDetachListener** lança eventos sempre que o leitor RFID é desconectado da USB. O **SCErrorListener** lança eventos sempre que há algum erro no leitor RFID. O *listener* **SCTagGainListener** gera eventos sempre que alguma etiqueta RFID é lida pelo leitor e o *listener* **SCTagLossListener** gera eventos sempre que alguma etiqueta RFID sai do campo de leitura do leitor.

A interação do MiddlewareSC com seus respectivos listeners é a parte mais importante desse módulo. A codificação desse módulo foi colocada no CD anexo à monografia. A localização desse código dentro de CD se encontra no APÊNDICE – B.

1.7.2.3. Módulo de venda

O módulo de venda lista todos os produtos que o consumidor tiver no carrinho. Ele interage com o leitor RFID e faz uma chamada ao banco de dados para buscar as informações da etiqueta lida. Após todos os itens terem sido lidos, o vendedor faz a venda. Nesse momento, o estado dos produtos listados muda para “Produto pago”. A mudança de estado é feita na tabela “inventario”. A figura 45 mostra o sistema de venda.

A imagem mostra a interface gráfica do sistema de venda, intitulada "Sistema de Venda". O layout é dividido em seções:

- Tag atual:** Contém quatro campos de entrada: "Tag ID:", "Produto:", "Valor:" e "Valor Total:". O campo "Valor Total:" possui um fundo verde.
- Tags lidas:** Uma seção contendo o título "Lista de Tags:" e um espaço reservado para uma lista.
- Controles:** Dois botões, "Vender" e "Cancelar", localizados abaixo dos campos de entrada.
- Configurações do leitor:** Uma seção com o campo "Atachado:" e duas opções de configuração: "Antena ativada" e "LED ativado", ambas com caixas de seleção desativadas.

Figura 45: Módulo de venda em funcionamento
FONTE: Própria.

Assim como o módulo de cadastro, o módulo de venda também interage com *hardware*. Por isso, ele tem uma classe *middleware* e seus respectivos ouvintes (*listeners*) para fazer a interação com o leitor RFID. O funcionamento da classe *MiddlewareSV* e de seus ouvintes (*listeners*) é análogo ao do sistema de cadastro. A diferença entre eles é a codificação interna de cada ouvinte (*listener*). A codificação desse módulo foi colocada no CD anexo à monografia. A localização desse código dentro de CD se encontra no APÊNDICE – C.

1.7.2.4. Módulo de segurança

O módulo de segurança verifica o estado, junto ao banco de dados, de todos os produtos contidos na sacola de compras do consumidor. Infelizmente, o leitor não consegue ler mais de uma etiqueta por vez. Essa é uma das limitações encontradas no sistema de segurança. No sistema de cadastro e no de venda essa limitação não é tão significativa, pois a leitura pode ser realizada de forma iterativa sem maiores problemas. A figura 46 ilustra o sistema de segurança. A codificação desse módulo foi colocada no CD anexo à monografia. A localização desse código dentro de CD se encontra no APÊNDICE – D.

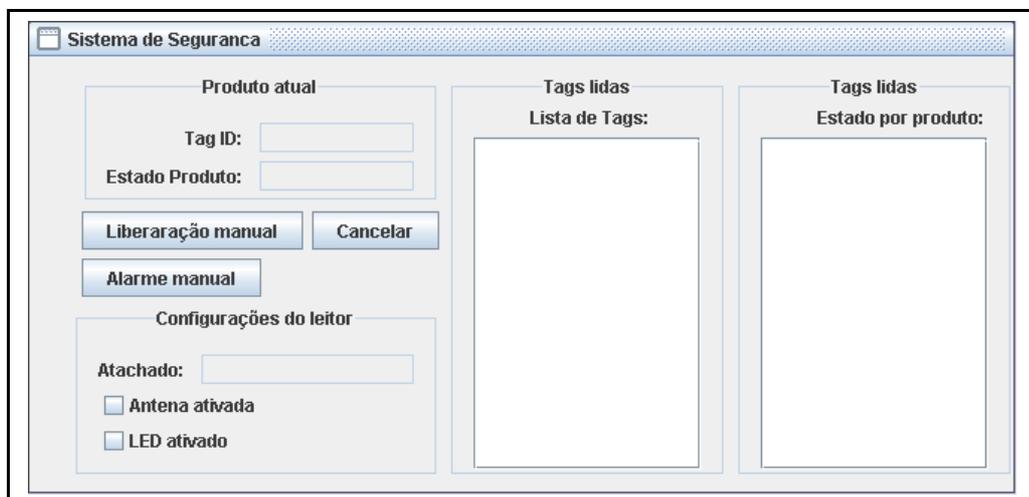


Figura 46: Sistema de segurança.
FONTE: Própria.

Nesse módulo também há a utilização de um middleware e de seus ouvintes (*listeners*). Foi codificado no ouvinte `SSTagGainListener` a verificação do estado do produto lido. Abaixo, a figura 47 mostra o código que programa essa verificação.

```

try {
    ProdutoDAO dao = new ProdutoDAO();

    boolean verify = dao.verificar(tagID);

    if (verify){
        jtfEstadoSS.setText("Pago.");
        //TODO Colocar aqui o método para abrir a porta.
    }else{
        jtfEstadoSS.setText("Nao Pago.");
        //TODO Colocar aqui o método para soar o alarme.
    }
}

```

Figura 47: Código que implementa o a verificação de estado.
FONTE: Própria.

1.7.2.5. Módulo de relatório

O módulo de relatório é responsável pela verificação do estoque de cada produto. É nele que o administrador de inventário trabalhará a maior parte do tempo. Além de listar os produtos em estoque, esse módulo também realiza pedidos aos fornecedores. Ao fazer o pedido, o administrador de inventário definirá quantos produtos serão necessários e o pedido será feito via e-mail. O e-mail do fornecedor é guardado na tabela “fornecedor”. A figura 48 mostra o módulo de relatório em funcionamento.

Módulo de relatório

Selecione o produto:
Nome4 - Marca4 ▼

Lista de inventário
Disponibilidade do produto

Fornecedor: 1 Produto: 4
Fornecedor: 1 Produto: 4
Fornecedor: 1 Produto: 4

Informações gerais

Fornecedor :

E-mail :

Produto:

Marca:

Modelo:

Preço:

Cancelar

Pedidos ao fornecedor

Quantidades:

Fazer pedido

Figura 48: Módulo de relatório em funcionamento.

FONTE: Própria.

Nesse módulo há a interação de praticamente todos os outros. Ele faz uma chamada a duas tabelas no banco de dados. Primeiramente lista todos os modelos de produtos disponíveis na tabela “produto” para montar o *comboBox* intitulado “Selecione o produto:”. Em um segundo momento, esse módulo lista todos os itens disponíveis na tabela “inventario” de um determinado produto selecionado na *comboBox*. A codificação desse módulo foi colocada no CD anexo à monografia. A localização desse código dentro de CD se encontra no APÊNDICE – E.

1.8. APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO

1.8.1. Ambiente de simulação

O ambiente de simulação de todas as funcionalidades do projeto final será a maquete produzida para tal fim. A maquete, como previamente exposto, foi construída em acrílico. O material foi escolhido pela maior durabilidade e, também, pela melhor estética em relação a outros materiais existentes. No projeto da maquete foi utilizada a ferramenta Google Sketchup para facilitar sua modelagem. A figura 49 mostra o resultado da utilização de tal ferramenta.

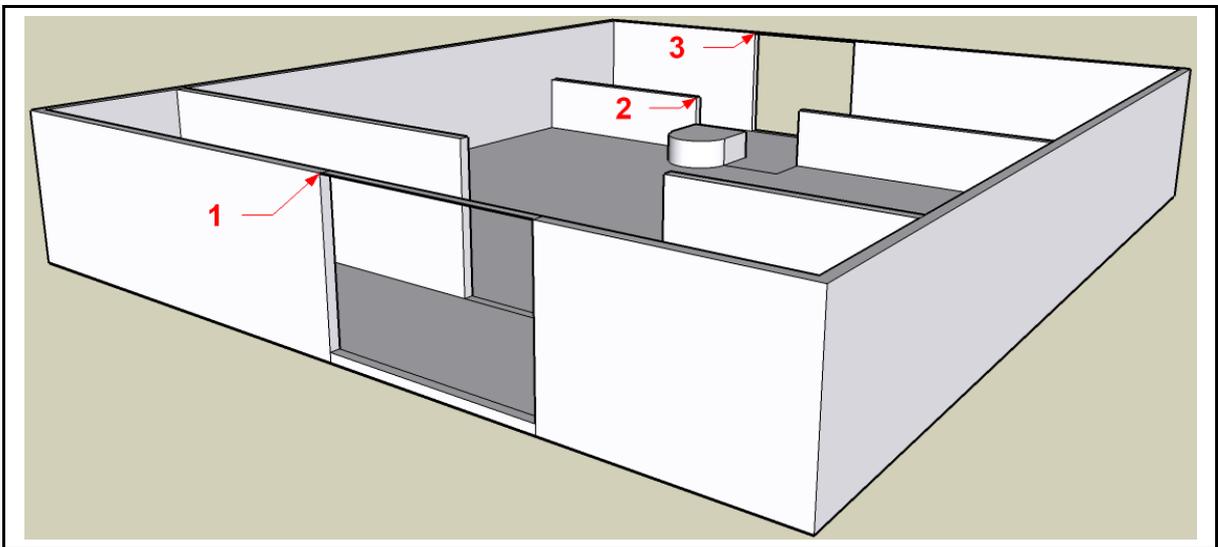


Figura 49: Modelagem da maquete no software Google Sketchup.
FONTE: Própria

O sistema de controle de inventário controlará as funcionalidades propostas utilizando a maquete como modelo. As funcionalidades são: cadastramento de produtos, venda simbólica de produtos e segurança na saída de produtos. Além dessas funcionalidades que utilizam o leitor RFID, também há o cadastramento do modelo de produtos, a verificação de disponibilidade de produtos e o pedido de novos produtos aos fornecedores.

Em um primeiro momento, haverá o cadastramento dos produtos provindos dos fornecedores da “loja” em questão. Ou seja, far-se-á o uso do módulo de cadastro. O leitor estará configurado na posição um (1) da figura 49.

Logo em seguida será mostrada uma situação de venda. Nesse momento, o módulo de venda entra em ação. Lembrando que o sistema proposto não faz uma

gerência financeira. Na venda só é feita a mudança de estado dos produtos de “não pago” para “pago”. Para a realização da venda, o leitor estará configurado na posição dois (2) da figura 49.

Por fim é simulada a saída do consumidor pela porta da loja. Agora o módulo de segurança será utilizado. O leitor é mudado de lugar novamente para a posição três (3) da figura 49. Após a verificação de cada produto contido na sacola de vendas, o módulo de venda decide qual decisão tomar: abrir a porta normalmente ou não abrir e tocar o alarme.

Além dessas simulações que fazem a utilização do leitor RFID, há também outras duas etapas a serem realizadas na demonstração para banca. Uma das etapas é o cadastramento do modelo de produtos e fornecedores da loja. Nessa etapa faz-se a utilização do módulo Cadastramento de produtos. A outra etapa a ser realizada é a utilização do módulo de relatório para verificação da disponibilidade de produtos. Também será feita a simulação de pedido de novos produtos aos fornecedores.

Após essas simulações serão validados os objetivos propostos e resultados esperados. Como previamente exposto, o objetivo deste trabalho é a criação de um sistema que atenda a uma parte do gerenciamento da cadeia de suprimentos e melhore o processo de controle de inventário. A parte da cadeia de suprimentos proposta por esse projeto é implementada no módulo de relatórios. Há um pequeno painel onde o administrador de inventário pode fazer o pedido de produtos em falta. O pedido de produtos aos fornecedores é feito a partir de um e-mail configurado pelo administrador do sistema. Já o controle de inventário é auxiliado na utilização dos módulos de cadastramento, venda e segurança. O foco primordial desse projeto é o gerenciamento localizado na loja de varejo modelada. Abaixo, a figura 50 mostra a maquete construída e em funcionamento.

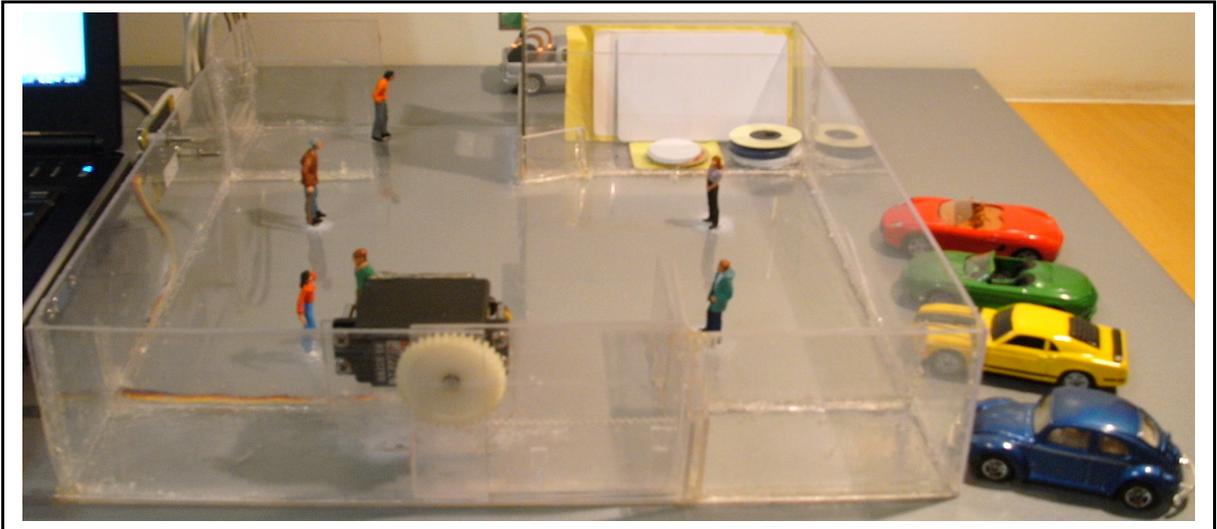


Figura 50: Maquete construída em acrílico.

FONTE: Própria

1.8.2. Descrição da aplicação

A aplicação foi estruturada em módulos. São cinco módulos que juntamente realizam as tarefas propostas nos objetivos do projeto. Cada módulo tem sua particularidade, mas acabam se interagindo de alguma maneira. Por exemplo, sem o módulo de “Cadastro de produtos” os outros módulos não funcionariam. Da mesma forma, caso o “Módulo de cadastramento” não existisse, os demais não funcionariam. A seguir a descrição de utilização de cada módulo existente na aplicação.

1.8.2.1. Descrição do módulo Cadastramento de produtos

O funcionamento desse módulo é bastante simples. Para o cadastramento de novos produtos utilizam-se os campos à esquerda da tela. Pode-se definir o nome, a marca, o modelo e o preço do modelo do produto. Como todo produto tem um fornecedor, deve-se cadastrar um fornecedor no mesmo momento do cadastro do produto ou selecionar um dentre os vários listados na lista “Fornecedores já cadastrados”. Também existe a lista “Produtos já cadastrados” que traz a informações de todos os modelos de produtos cadastrados. A figura 51 a seguir mostra o módulo em funcionamento.

Cadastro de produtos

Novos produtos

Nome: Fornecedor:

Marca: E-mail:

Modelo:

Preço:

Fornecedores

Fornecedores já cadastrados

- Fornecedor1
- Fornecedor2
- Fornecedor3

Produtos

Produtos já cadastrados

- Nome1 - Marca1
- Nome2 - Marca2
- Nome3 - Marca3
- Nome4 - Marca4
- Nome5 - Marca5
- Nome6 - Marca6
- Nome7 - Marca7

Figura 51: Módulo de Cadastro de produtos
FONTE: Própria

Esse módulo é essencial para o funcionamento do sistema como um todo. Ele é o primeiro módulo a ser utilizado na loja varejista. Além do cadastro de produtos, o módulo também tem a função de cadastrar seus fornecedores. Para se cadastrar um fornecedor, basta definir o nome e o e-mail que será utilizado no pedido de novos produtos.

1.8.2.2. Descrição do módulo de cadastramento

O módulo de cadastramento é o primeiro módulo a interagir com o leitor RFID. Os produtos chegam dos fornecedores e passam pelo leitor antes de serem cadastrados. A lista de etiquetas é gerada para cada tipo de produto a ser cadastrado. Ou seja, é necessário que os produtos estejam organizados por tipo antes de serem cadastrados pelo módulo de cadastro. Após a lista ter sido gerada, basta selecionar o produto desejado e clicar em cadastrar. A lista de produtos disponíveis para o cadastro é a mesma contida no módulo “Cadastro de produtos”. A figura 52 a seguir mostra o módulo de cadastro em funcionamento.

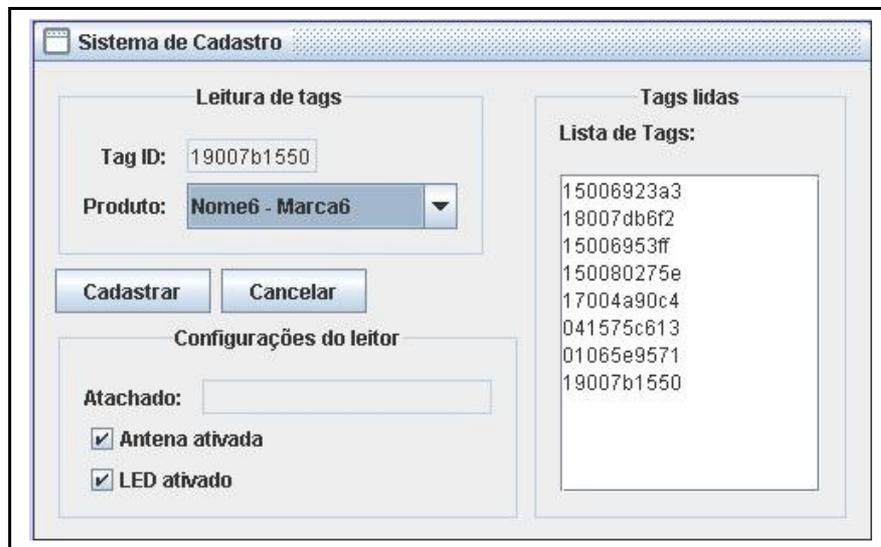


Figura 52: Módulo de cadastramento
FONTE: Própria

Também são disponibilizadas duas configurações junto ao leitor RFID. Uma delas é “Antena ativada” que ativa e desativa a antena do leitor. E a outra configuração é “LED ativado” que liga e desliga o LED (Diodo Emissor de Luz) do leitor. A figura 53 abaixo exemplifica o fluxo de informações até agora.

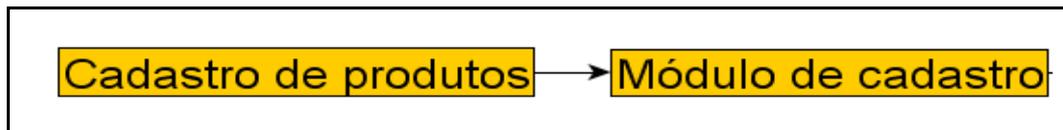


Figura 53: Fluxo de informações até o módulo de cadastro.
FONTE: Própria

1.8.2.3. Descrição do módulo de venda

O módulo de venda é o segundo a fazer utilização do leitor RFID. Após os consumidores selecionarem os produtos desejados, eles devem passar nos caixas para efetuar o pagamento. Assim que os produtos contidos no carrinho de compras chegam ao caixa, os produtos são lidos um a um e a lista de produtos é gerada. O consumidor valida a compra e faz o pagamento (o pagamento é todo simulado – não é escopo de projeto a gestão financeira). Nesse momento, o estado dos produtos é mudado de “não pago” para “pago”. Essa é a função do módulo de venda. A figura 54 a seguir mostra o módulo de venda em funcionamento.

Figura 54: Módulo de venda
FONTE: Própria

Assim como no módulo de cadastro, o módulo de venda também tem as mesmas configurações junto ao leitor RFID. O módulo de venda é dependente dos outros dois módulos previamente comentados. A figura 55 abaixo exemplifica o fluxo de informações dentro do sistema de controle de inventários até o momento.



Figura 55: Fluxo de informações até agora
FONTE: Própria

1.8.2.4. Descrição do módulo de segurança

O módulo de segurança é o terceiro e último módulo a fazer uso do leitor RFID. Assim que os consumidores tentam sair da loja, todos seus produtos são lidos. É realizada uma verificação do estado de cada produto contido na sacola de compras do consumidor. Duas listas são geradas, a lista dos produtos lidos e a lista do estado por produto. Ao final da leitura, caso o estado de todos os produtos seja “pago” o motor de passo é acionado e a porta de saída se abre. Caso contrário, o motor de passo não é aberto e um alarme sonoro é soado. A figura 56 a seguir exemplifica o módulo de segurança.

Figura 56: Módulo de segurança
FONTE: Própria

Há também a possibilidade de se liberar a porta da loja de maneira manual. Assim como também se pode tocar o alarme de forma manual. Isso é obtido a partir dos botões “Liberararção manual” e “Alarme manual”. Como nos outros módulos que interagem com o leitor RFID, o módulo de segurança traz configurações do leitor. Abaixo a figura 57 mostra o fluxo de informações até agora.

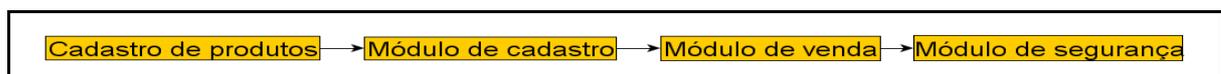


Figura 57: Fluxo de informações até o momento.
FONTE: Própria

1.8.2.5. Descrição do módulo de relatório

O módulo de relatório auxilia o administrador de inventário a verificar a disponibilidade dos produtos. Essa verificação deve ser realizada produto a produto. Há um *combobox* denominado “Selecione o produto” que quando acionado gera a lista de produtos disponíveis do produto selecionado. A figura 58 a seguir mostra o módulo de relatório em funcionamento.

Módulo de relatório

Selecione o produto:
Nome6 - Marca6

Lista de inventário
Disponibilidade do produto

Fornecedor: 1 Produto: 6
Fornecedor: 1 Produto: 6
Fornecedor: 1 Produto: 6

Informações gerais

Fornecedor :
E-mail :
Produto:
Marca:
Modelo:
Preço:

Cancelar

Pedidos ao fornecedor

Quantidades:
Fazer pedido

Figura 58: Módulo de relatório em execução
FONTE: Própria.

Além da verificação de disponibilidade, o pedido de novos produtos pode ser realizado nesse módulo. Ao fazer uso do pedido de produtos, um e-mail pré-formatado é enviado ao fornecedor do produto em questão. Nesse e-mail o fornecedor receberá as informações necessárias para a entrega dos novos produtos.

1.8.3. Avaliação global do modelo de solução proposto

O modelo proposto atende aos objetivos iniciais do projeto. O sistema de controle de inventário foi desenvolvido e ele permite agilizar parte do processo de inventário de pequenas empresas. Esse sistema também facilita a visualização da balança entre a demanda do mercado consumidor e o quantitativo do estoque. Dessa forma, também se ganha agilidade no momento do pedido de novos produtos aos fornecedores.

Os objetivos relacionados à segurança também foram atendidos. A segurança física da loja está sendo realizada pelo módulo de segurança. Os produtos só saem da loja caso tenham sido previamente pagos. A segurança dos dados no banco de dados também foi implementada no momento de cadastro dos produtos provenientes dos fornecedores. Foi utilizada a criptografia AES (Advanced Encryption Standard) para criptografar o id único da etiqueta RFID.

O modelo desenvolvido tem sua aplicabilidade limitada a simulação da loja modelada na maquete. Para um ambiente convencional seria necessário o desenvolvimento de um protótipo mais robusto e completo. Esse sistema abrange o controle de inventário e, assim, acaba abrangendo também a interação com a cadeia de abastecimento no que concerne os pedidos aos fornecedores.

O projeto como um todo tem pontos fortes e fracos. Os pontos fortes são a gestão de inventário via RFID, a flexibilidade trazida por tecnologias móveis, a agilidade trazida no atendimento ao cliente e a maior segurança em comparação a sistemas por código de barras tradicionais. O ponto fraco mais marcante é a limitação quanto a leitura de etiquetas pelo leitor RFID. O leitor utilizado só consegue ler uma etiqueta RFID por vez.

1.9. CONCLUSÃO

1.9.1. Conclusões

A concorrência global trouxe inúmeros benefícios aos consumidores finais. A competitividade acirrada forçou as empresas a melhorarem a qualidade de seus produtos, a diminuir o tempo de desenvolvimento de novos produtos, a aumentar o campo de distribuição de seus produtos, entre outros tantos fatores. Com isso, novas necessidades foram e são geradas e a tecnologia foi e é usada para suprir os anseios das corporações e, conseqüentemente, para suprir os desejos dos consumidores (KOTLER; ARMSTRONG, 2007).

Os objetivos do projeto final foram idealizados a partir dessas motivações citadas. O controle de inventário foi o objetivo primário escolhido dentro desse vasto campo disponível para trabalho. Os objetivos relacionados ao controle de inventário foram totalmente alcançados. Eles são: o cadastro de produtos provenientes dos fornecedores, a venda simulada dos produtos, a segurança trazida para a loja e, com isso, o controle de estoque.

A interação com os fornecedores, o qual faz parte da gestão da cadeia de abastecimento, foi um objetivo secundário alcançado com a implantação desse sistema. Com o controle de inventário funcionando de forma satisfatória, o pedido de novos produtos foi facilitado. Assim, como os produtos serão repostos de forma mais ágil, haverá uma resposta mais resposta mais rápida às necessidades dos clientes.

Finalizando, o projeto alcançou os objetivos previstos na sua concepção. Entretanto, trazer esse projeto para a realidade ainda é inviável, pois o custo de implantação para pequenas empresas seria muito grande. Em um futuro próximo, quando todos os produtos vierem etiquetados com tags RFID dos seus fornecedores, a viabilidade desse projeto existirá.

1.9.2. Sugestão para trabalhos futuros

No desenrolar desse projeto muitas outras idéias foram sendo concebidas. O campo em que esse projeto se encontra é bastante abrangente. A automação comercial é um dos setores mais promissores para o mercado de tecnologia. Muitos projetos podem se inspirar nesse projeto para dar uma maior completude ao

trabalho e para trazer essa idéia a um patamar mais realista. As sugestões para trabalhos futuros está listada a seguir:

- Levar a idéia desse projeto para o ambiente web, aliando o controle RFID com a flexibilidade que a internet traz.
- Fazer utilização do código eletrônico de produtos (EPC ² – *Electronic Product Code*) para identificar fornecedores e produtos.
- Cadastrar consumidores no banco de dados da loja e disponibilizar a opção de fazer o pagamento através da etiqueta RFID recebida. Esse pagamento seria feito da mesma forma que se faz nos pedágios. Assim, a agilidade seria aumentada de forma drástica.

Essas são algumas das muitas idéias que são passíveis de serem implementadas como projeto final. A automação comercial como um todo também pode ser a inspiração para inúmeros excelentes projetos finais de Engenharia da Computação.

² Mais informações sobre código eletrônico de produtos pode ser encontrada em <http://www.epcglobalinc.org/home>.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BREVES, André. Prazer, Java! Disponível em: <<http://www.guj.com.br/article.show.logic?id=107>>. Acesso em: 26 de Março de 2009.

CADENHEAD, Rogers; LEMAY, Laura. Aprenda em 21 dias: Java 2. 4º Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 510 páginas.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operations. 1º Edição. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2001. 544 páginas.

CSCMP. RFID Essentials Web-based Training Disponível em: <<http://cscmp.org/events/educational/rfid-web-training.asp>>. Acesso em: 29 de abril de 2009.

DEITEL, Harvey M.; DEITEL, Paul J.. Java: Como Programar . 4º Edição. Porto Alegre: Bookman, 2003. 1386 páginas.

DOBKIN, Daniel M.. The RF in RFID: Passive UHF RFID in Practice. Massachusetts: Newnes, 3 de setembro de 2007. 504 páginas.

ECKEL, Bruce. Thinking in Java. 4º Edição. New Jersey: Prentice Hall, Fevereiro de 2006. 1150 páginas.

ECR Brasil. Disponível em: <http://www.ecrbrasil.br/download_palestras> Acesso em: 2 de Março de 2009.

FAHL, Claudio. Um estudo sobre a viabilidade de implantação de etiquetas inteligentes como vantagem competitiva em um Centro de Distribuição Disponível em: <www.ipep.edu.br/TCC/Monografia%20IPEP.pdf>. Acesso em: 17 de Janeiro de 2009.

FINKENZELLER, Klaus. RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification. 2º Edição. Munich: Wiley & Sons LTD, Maio de 2003.

FIPS. Announcing the ADVANCED ENCRYPTION STANDARD (AES). Disponível em: <<http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf>>. Acesso em: 22 de Abril de 2009.

FONTES, Edilson Luiz Gonçalves. Praticando a segurança da informação. Rio de Janeiro: Brasport, 2008. 279 páginas.

GANESHAN, Ram; HARRISON, Terry P. An Introduction to Supply Chain Management Disponível em :<http://lcm.csa.iisc.ernet.in/scm/supply_chain_intro.html>. Acesso em 24 de Abril de 2009.

GAZETTE, Rfid. RFID Gazette: Wal-Mart Disponível em:<<http://www.rfidgazette.org/walmart/>>. Acesso em: 26 de Fevereiro de 2009.

HUGOS, Michael. Essentials of Supply Chain Management.2ª Edição. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003. 256 páginas.

JONES, Steven C.;NEFF, Ken. An Introduction to Java: What Non-Developers Need to Know. Disponível em: <<http://support.novell.com/techcenter/articles/ana19970701.html>>. Acesso em: 29 de março de 2009.

JOURNAL, Rfid. Another Setback for EPC RFID Adoption Disponível em:<<http://www.rfidjournal.com/article/view/4623/>>. Acesso em: 27 de Fevereiro 2009.

JOURNAL, Rfid. Wal-Mart Details RFID Requirement Disponível em:<<http://www.rfidjournal.com/article/view/642/1/1>>. Acesso em: 26 de Fevereiro de 2009.

KELLAN, Larry. Case Study: Procter & Gamble Disponível em:<<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/482>>. Acesso em: 08 de Maio de 2009.

KOTLER, Philip; ARMSTRONG, Gary. Principles of marketing. 12º Edição. São Paulo:Pearson Prentice Hall, 2007. 600 páginas.

LAMBERT, Douglas M.; STOCK, James R.; ELLRAM, Lisa M.. Fundamentals of Logistics Management. 1º Edição. Boston,MA: Irwin/McGraw-Hill, 1997. 640 páginas.

LOES, João. O RFID vai etiquetar o mundo Disponível em:<http://wnews.uol.com.br/site/noticias/materia_especial.php?id_secao=17&id_conteudo=255>. Acesso em 02 de Março de 2009.

MICROSYSTEMS, Sun. Developer Resources for Java Technology. Disponível em:<<http://java.sun.com>>. Acesso em: 28 de março de 2009.

MULLER, Max. Essentials of Inventory Management. 1º Edição. New York,NY: AMACOM, 2003. 353 páginas.

MYERSON, Judith M. RFID in the supply chain : a guide to selection and implementation. Florida: Auerbach Publications, 20 de novembro de 2006. 456 páginas.

NextGenerationCenter. Supply Chain Management. Disponível em:<<http://www.nextgenerationcenter.com>>. Acesso em: 22 de Abril de 2009.

NYSTEDT , Dan. Wal-Mart mira ganho de US\$ 287 milhões com RFID Disponível em:<<http://computerworld.uol.com.br/telecom/2007/10/15/idgnoticia.2007-10-14.3977537517>>. Acesso em: 26 de Fevereiro de 2009.

PINTO, Jefferson. et al. O desafio da implantação do smart tag: etiquetas inteligentes no varejo Disponível em:<www.ead.fea.usp.br/semead/8semead/resultado/trabalhosPDF/369.pdf>. Acesso em: 02 de Março de 2009.

PHIDGET. 1023 PhidgetRFID e 1000 PhidgetServo Disponível em: <http://www.phidgets.com/documentation/Phidgets/1023.pdf> e <http://www.phidgets.com/documentation/Phidgets/1000.pdf>

Acesso em: 16 de Abril de 2009.

PORTO, Thiago. Entendendo um pouco sobre RFID Disponível em:<http://imasters.uol.com.br/artigo/3731/tendencias/entendendo_um_pouco_sobre_rfid/>. Acesso em: 02 de Março de 2009.

SANGHERA, Paul. RFID+ : Study Guide and Practice Exam. Massachusetts : Syngress Publishing, 2007. 352 páginas.

SCHERER, Flavia.; DIDONET, Simone.;LARA, José. Considerações sobre a utilização de etiquetas inteligentes no varejo Disponível em:<http://www.ead.fea.usp.br/semead/7semead/paginas/artigos%20recebidos/Varejo/VAR08_-_Considera%E7%F5es_etiquetas_inteligentes.PDF>. Acesso em: 28 de Fevereiro de 2009.

SÊMOLA, Marcos. Gestão da segurança da informação: visão executiva da segurança da informação. 11ª Tiragem. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 159 páginas.

SIERRA, Kathy; BATES, Bert. Use a Cabeça! Java. 1º Edição. Rio de Janeiro: Altabooks, 2005. 470 páginas.

SWEENEY II, Patrick J.. RFID for Dummies. New Jersey : Wiley Publishing, 1 de Abril de 2005. 408 páginas.

RIVEST, Ronald. The MD5 Message-Digest Algorithm. Disponível em:<<http://www.ietf.org/rfc/rfc1321.txt>>. Acesso em: 13 de Abril de 2009.

TANENBAUM, Andrew S.; Redes de Computadores. 4º Edição. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 955 páginas.

THORNTON, Frank. et al. RFID Security. Massachusetts: Syngress Publishing, 28 de Abril de 2006. 264 páginas.

WILD, Tony. Best Practice in Inventory Management. 1º Edição. New York,NY: John Wiley, 1998.

240 páginas.

XAVIER, Fernando. O que é RFID ? Disponível em:<http://www.conceptia.com.br/artigos/palestra_rfid.pdf>. Acesso em: 26 fev 2009.

APÊNDICES

A) CADASTRO DE PRODUTOS

..\CD-ProjetoFinal\Código\ProjetoFinalRFID\src

*Esse é o diretório dos sources do projeto. Nele está contido todo o código do projeto final.

B) MÓDULO DE CADASTRO

..\CD-ProjetoFinal\Código\ProjetoFinalRFID\src

C) MÓDULO DE VENDA

..\CD-ProjetoFinal\Código\ProjetoFinalRFID\src

D) MÓDULO DE SEGURANÇA

..\CD-ProjetoFinal\Código\ProjetoFinalRFID\src

E) MÓDULO DE RELATÓRIOS

..\CD-ProjetoFinal\Código\ProjetoFinalRFID\src

F) DOCUMENTAÇÃO DO CÓDIGO

..\CD-ProjetoFinal\Documentação\projetoFinalDoc\index.html

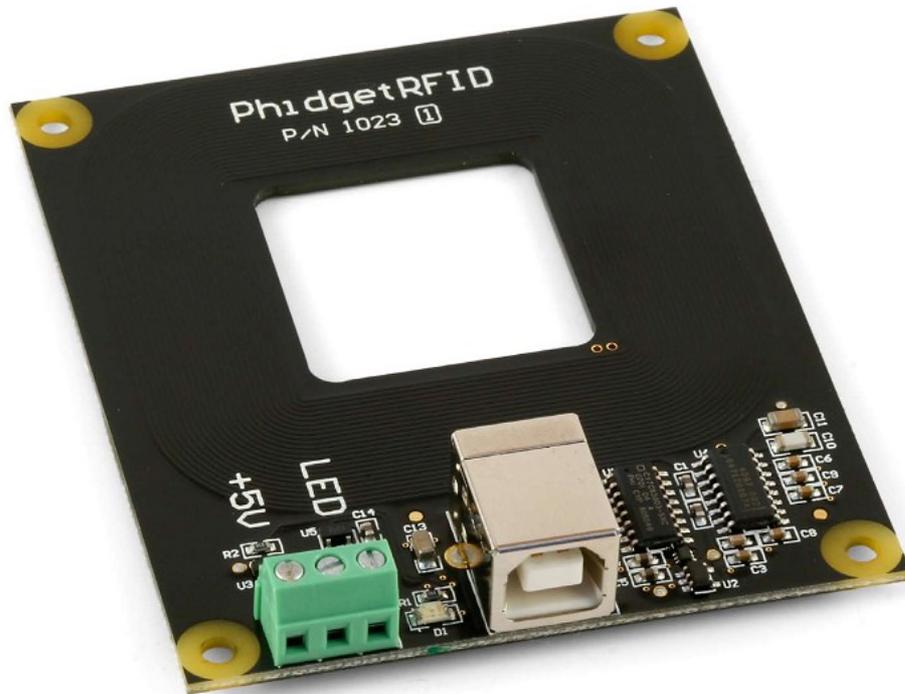
*Esse é um Javadoc das classes implementadas nesse projeto final.

..\CD-ProjetoFinal\Documentação\diagramas

*Essa pasta contém alguns diagramas relacionados ao sistema.

ANEXOS

A) 1023 – PHIDGETRFID



Product Features

- Reads tags brought within 3 inches of the reader
- Reads any tag with EM4102 protocol
- Returns the unique number contained in the tag
- Provides 2 Digital Outputs to drive LEDs, relays, etc
- On-Board LED
- Connects directly to a computer's USB port

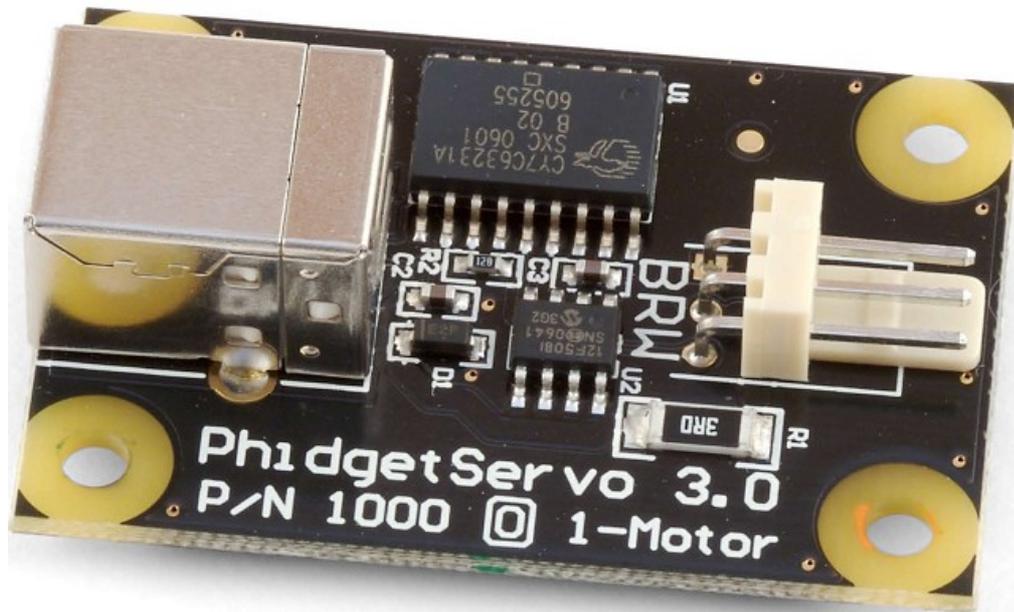
Programming Environment

Operating Systems: Windows 2000/XP/Vista, Windows CE, Linux, and Mac OS X

Programming Languages (APIs): VB6, VB.NET, C#.NET, C++, Flash 9, Flex, Java, LabVIEW, Python, Max/MSP, and Cocoa.

Examples: Many example applications for all the operating systems and development environments above are available for download at www.phidgets.com.

B) 1000 - PHIDGETSERVO 1-MOTOR



Product Features

- Controls one Remote Control (RC) servo motor powered directly from the USB port of a PC •
- Step accuracy of 0.1 degrees •
- Connects directly to a computer's USB port

Programming Environment

Operating Systems: Windows 2000/XP/Vista, Windows CE, Linux, and Mac OS X.

Programming Languages (APIs): VB6, VB.NET, C#.NET, C++, Flash 9, Flex, Java, LabVIEW, Python, Max/MSP, and Cocoa.

Examples: Many example applications for all the operating systems and development environments above are available for download at www.phidgets.com.

C) PROGRAMMING CONCEPTS

Overview

The Phidgets software API relies on knowledge of several programming concepts, in order to be used properly. These concepts will be discussed briefly here, but note that this is not a manual for programming in general, and further study may be required. Concepts that are specific to a particular language will be covered in that language's API manual.

Event Based Programming

Events are used extensively throughout the Phidgets API. Although the libraries can be used without events, this is discouraged - there are many advantages to event based programming (and it is a valuable skill to learn).

Threading

The Phidgets library is threaded. This means that at least a basic understanding of threads is highly recommended. There are many implications to a threaded library, many of which are not obvious.