

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**Centro de Computação e Tecnologia da Informação**  
**Bacharelado em Ciências da Computação**

**Charles Chinelato**

**Tecnologia de Identificação por Radiofrequência – RFID Aplicada  
em Sistemas de Gerenciamento de Armazéns (WMS – Warehouse  
Management System)**

**Caxias do Sul**

**2010**

**Charles Chinelato**

**Tecnologia de Identificação por Radiofrequência – RFID Aplicada  
em Sistemas de Gerenciamento de Armazéns (WMS – Warehouse  
Management System)**

Trabalho de Conclusão de Curso  
para obtenção do Grau de  
Bacharel em Ciência da  
Computação da Universidade de  
Caxias do Sul.

**Silvio Fernando Angonese  
Orientador**

**Caxias do Sul**

**2010**

Dedico este trabalho a todos que me auxiliaram de alguma forma e principalmente a minha família que me apoiou nos momentos mais difíceis e em especial a minha esposa Carline e a minha filha Valentina.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pela compreensão nos momentos em que precisei me dedicar exclusivamente aos estudos.

Agradeço a minha esposa Carline pelo apoio, carinho e incentivo nas jornadas mais desgastantes. À minha filha Valentina pelo carinho e afeto, mesmo tendo que me ausentar em muitos momentos para a realização deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador, professor Silvio, por ter me auxiliado no desenvolvimento deste trabalho.

Agradecimento especial ao Evandro Bombana, meu sócio, pela intermediação junto a *Automatech Sistemas de Automação Ltda*, para o empréstimo do equipamento *RFID*. Aos Srs. Roger Santos, gerente de projetos, e Evandro Scariot, diretor, ambos da empresa *Automatech Sistemas de Automação Ltda*, por terem emprestado todo o equipamento *RFID* necessário para a realização deste trabalho, sem o qual não teria sido possível concluí-lo.

## RESUMO

A Tecnologia de Identificação por Radiofrequência (*RFID*) é um meio de identificação de algum objeto pela transmissão de uma identificação através de ondas de rádio e começou a ser utilizada de forma mais ampla depois da Segunda Guerra Mundial. Este trabalho tem por objetivo fazer uma pesquisa sobre a Tecnologia *RFID*, seu funcionamento, arquitetura, necessidades de *hardware* e *software*, custos, etc. e elaborar um protótipo experimental para fazer uma integração com o *software* para gerenciamento de armazéns (*WMS*). Como estudo de caso o protótipo desenvolvido será adaptado para integrar com o *software FullWMS* da *FullSoft*. Neste estudo de caso será analisado o processo de expedição de volumes onde atualmente o controle é realizado por meio de código de barras utilizando coletores de dados.

**Palavras-chaves:** *RFID*, *WMS*, *tags*, *EPC*, armazém, leitor, antena

## **ABSTRACT**

Technology Radio Frequency Identification (RFID) is a means of identifying an object by transmitting an identification through radio waves and began to be used more widely after the Second World War. This paper aims to do a research on RFID technology, its operation, architecture, hardware and software requirements, costs, etc. and develop an experimental prototype to integrate with the software for warehouse management (WMS). As a case study of the prototype will be adapted to integrate with the software FullWMS FullSoft. In this case study will analyze the process of dispatch where the actual volume control is performed by using the barcode data collectors.

**Keywords:** RFID, WMS, tags, EPC, warehouse, reader, antenna

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Modelos de etiquetas ( <i>tags</i> ) com a tecnologia <i>RFID</i> .....	4
Figura 2.	Arquitetura básica de <i>hardware</i> da Tecnologia <i>RFID</i> .....	7
Figura 3.	<i>Tag RFID</i> em formato de moeda.....	11
Figura 4.	<i>Tag RFID</i> em carcaça de plástico.....	11
Figura 5.	<i>Smart Card</i> .....	12
Figura 6.	Chip <i>RFID</i> embutido em relógio.....	12
Figura 7.	<i>Transponder</i> implantado na mão de um paciente .....	13
Figura 8.	<i>Smart Labels</i> .....	13
Figura 9.	Estrutura da memória.....	15
Figura 10.	<i>Layout</i> do leitor em forma de portal.....	16
Figura 11.	<i>Layout</i> do leitor em forma de túnel.....	16
Figura 12.	<i>Handheld</i> com dispositivo de <i>RFID</i> (leitor e antena).....	17
Figura 13.	Leitor e antena dispostos em uma empilhadeira.....	17
Figura 14.	<i>Smart Shelves</i> .....	18
Figura 15.	Impressora <i>RFID</i> .....	18
Figura 16.	Componentes do <i>Middleware RFID</i> .....	20
Figura 17.	Arquitetura conceitual do <i>Middleware</i> .....	22
Figura 18.	Acoplamento indutivo.....	26
Figura 19.	Acoplamento magnético .....	26
Figura 20.	Estrutura básica do número <i>EPC</i> .....	29
Figura 21.	Visão de um centro de distribuição .....	40
Figura 22.	Estruturas porta paletes .....	41
Figura 23.	Exemplo da distribuição das ruas de um centro de distribuição...	42
Figura 24.	Exemplo de endereçamento nos porta paletes .....	43
Figura 25.	Tela de manutenção de tarefas do <i>FullWMS</i> .....	45
Figura 26.	Tela do coletor para informar a nota fiscal.....	47
Figura 27.	Tela do coletor para leitura de volumes.....	48
Figura 28.	Escopo do protótipo .....	52
Figura 29.	Arquitetura de <i>software</i> do protótipo .....	53
Figura 30.	Equipamento utilizado no protótipo .....	54
Figura 31.	Modelo de domínio do protótipo.....	56
Figura 32.	Caso de uso do protótipo.....	57
Figura 33.	Diagrama de seqüência para gerenciar o protótipo .....	60
Figura 34.	Diagrama de seqüência para cadastrar configurações.....	62
Figura 35.	Diagrama de seqüência para iniciar a captura das <i>tags</i> .....	64
Figura 36.	Diagrama de seqüência para capturar as <i>tags</i> .....	65
Figura 37.	Diagrama de seqüência para listas <i>tags</i> capturadas.....	67

Figura 38.	Diagrama de seqüência para armazenar <i>tags</i> no banco de dados .	69
Figura 39.	Diagrama de seqüência para parar a captura das <i>tags</i> .....	71
Figura 40.	Diagrama de seqüência para consultar <i>tags</i> armazenadas.....	73
Figura 41.	Diagrama de atividades do protótipo.....	74
Figura 42.	Diagrama de classes do protótipo.....	75
Figura 43.	<i>Schema</i> da tabela para armazenar as <i>tags</i> capturadas .....	76
Figura 44.	Protótipo sendo executado .....	76
Figura 45.	Modelo de domínio para o estudo de caso.....	80
Figura 46.	Caso de uso do Estudo de caso.....	81
Figura 47.	Diagrama de seqüência para gerenciar o aplicativo.....	84
Figura 48.	Diagrama de seqüência para vincular áreas.....	86
Figura 49.	Diagrama de seqüência para vincular as minutas .....	88
Figura 50.	Diagrama de seqüência para vincular volumes.....	91
Figura 51.	Diagrama de seqüência para liberar pedidos para expedição .....	94
Figura 52.	Diagrama de seqüência para expedição de volumes .....	97
Figura 53.	Diagrama de seqüência para iniciar captura das <i>tags</i> .....	99
Figura 54.	Diagrama de seqüência para parar as captura das <i>tags</i> .....	101
Figura 55.	Diagrama de classes do estudo de caso .....	102
Figura 56.	Diagrama ER do estudo de caso.....	103



## LISTA DE TABELA

Tabela 1.	Breve histórico da evolução da Tecnologia <i>RFID</i> .....	6
Tabela 2.	Comparativo da Tecnologia <i>RFID</i> com o código de barras .....	6
Tabela 3.	Faixas de frequências <i>RFID</i> .....	8
Tabela 4.	Comparativo entre as faixas de frequência. ....	10
Tabela 5.	Classes de identificadores <i>EPC Global</i> . ....	29
Tabela 6.	Comparativo de funcionalidades entre <i>tags</i> de Classe 0 e Classe I. ....	30
Tabela 7.	Características dos leitores .....	31
Tabela 8.	Características das <i>tags</i> .....	31
Tabela 9.	Normas da série <i>ISO 18000</i> .....	32
Tabela 10.	Preços praticados por fornecedores de equipamentos <i>RFID</i> . ....	33
Tabela 11.	Eras da logística.....	38
Tabela 12.	Requisitos funcionais .....	56
Tabela 13.	Caso de uso para gerenciar o protótipo .....	57
Tabela 14.	Caso de uso para cadastrar configurações .....	61
Tabela 15.	Caso de uso para iniciar a captura das <i>tags</i> .....	62
Tabela 16.	Caso de uso para capturar as <i>tags</i> .....	64
Tabela 17.	Caso de uso para listar as <i>tags</i> capturadas .....	66
Tabela 18.	Caso de uso para armazenar <i>tags</i> no banco de dados.....	67
Tabela 19.	Caso de uso para parar a captura das <i>tags</i> .....	70
Tabela 20.	Caso de uso para consultar <i>tags</i> armazenadas no banco de dados .....	71
Tabela 21.	Requisitos funcionais para o estudo de caso.....	80
Tabela 22.	Caso de uso para gerenciar o aplicativo .....	82
Tabela 23.	Caso de uso para vincular áreas de movimentação .....	85
Tabela 24.	Caso de uso para vincular minutas .....	87
Tabela 25.	Caso de uso para vincular volumes .....	88
Tabela 26.	Caso de uso para liberar pedidos para expedição .....	92
Tabela 27.	Caso de uso para a expedição de volumes.....	94
Tabela 28.	Caso de uso para iniciar a captura das <i>tags</i> .....	97
Tabela 29.	Caso de uso para parar a captura das <i>tags</i> .....	99

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>Sigla</b>	<b>Significado em Português</b>	<b>Significado em Inglês</b>
EAS	Vigilância Eletrônica de Artigos	<i>Electronic Article Surveillance</i>
EPC	Código Eletrônico do Produto	<i>Electronic Product Code</i>
HF	Alta Frequência	<i>High Frequency</i>
LF	Baixa Frequência	<i>Low Frequency</i>
RFID	Identificação por Rádio Frequência	<i>Radio Frequency Identification</i>
SAW	Superfície de Ondas Acústicas	<i>Surface Acoustic Wave</i>
UHF	Ultra Alta Frequência	<i>Ultra High Frequency</i>
WMS	Sistemas de Gerenciamento de Armazens	<i>Warehouse Management System</i>

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
2	Identificação por Rádio Frequência ( <i>RFID - Radio Frequency Identification</i> ) .....	3
2.1	Definição da <i>RFID</i> .....	3
2.2	Histórico da <i>RFID</i> .....	4
2.3	Arquitetura <i>RFID</i> .....	7
2.3.1	<i>Tags</i> (ou <i>Transponders</i> ) <i>RFID</i> .....	7
2.3.1.1	Formato das <i>tags</i> <i>RFID</i> .....	10
2.3.2	Leitores e Antenas <i>RFID</i> .....	15
2.3.3	Identificando e lendo um item com a Tecnologia <i>RFID</i> .....	19
2.3.4	<i>Middleware</i> <i>RFID</i> .....	19
2.3.4.1	Arquitetura lógica .....	21
2.4	Modo de funcionamento .....	23
2.4.1	Complexidades .....	23
2.4.1.1	Sistemas <i>Low-end</i> .....	23
2.4.1.2	Sistemas <i>Mid-range</i> .....	24
2.4.1.3	Sistemas <i>High-end</i> .....	24
2.4.2	Modos de comunicação.....	24
2.4.3	Acoplamentos.....	25
2.4.3.1	Acoplamento <i>Backscatter</i> .....	25
2.4.3.2	Acoplamento indutivo .....	25
2.4.3.3	Acoplamento magnético.....	26
2.5	<i>Hardware</i> necessário.....	27
2.6	Padrões e Órgãos Reguladores.....	28
2.6.1	Normas <i>ISO</i> .....	32
2.7	Custos da Tecnologia <i>RFID</i> .....	33
2.8	Aplicações da Tecnologia <i>RFID</i> .....	34
2.8.1	Na identificação humana.....	34
2.8.2	Na indústria .....	35
2.8.3	Nos transportes .....	35
3	Sistemas de Gerenciamento de Armazens ( <i>WMS – Warehouse Management Systems</i> ) .....	37
3.1	Visão geral de logística.....	37
3.1.1	Definição de logística .....	38
3.2	Visão geral do Sistema de Gerenciamento de Armazens ( <i>WMS</i> ) .....	39
3.3	Conceitos básicos .....	42
3.3.1	Endereçamento .....	42
3.3.2	Áreas de movimentação .....	43
3.3.3	Região de armazenagem .....	43
3.3.4	Regiões de separação .....	43
3.3.5	Endereços de <i>picking</i> .....	44
3.4	Sistema <i>FullWMS</i> da <i>FullSoft</i> .....	44
3.4.1	Expedição de volumes .....	47
3.4.2	Problemas na expedição de volumes do <i>FullWMS</i> .....	49
3.4.3	Necessidade de complementação do <i>software FullWMS</i> .....	49
4	Desenvolvimento do protótipo .....	50
4.1	Definição e escopo do protótipo .....	50
4.2	Arquitetura de <i>software</i> .....	53
4.3	Componentes de <i>hardware</i> .....	54
4.4	Requisitos de <i>software</i> para implementação.....	55
4.5	Implementação do protótipo .....	55

4.5.1 Modelo de domínio do protótipo .....	55
4.5.2 Requisitos funcionais do protótipo .....	56
4.5.3 Modelo de caso de uso do protótipo .....	57
4.6 Funcionamento do protótipo .....	76
4.7 Experiências positivas e negativas .....	77
5 Estudo de caso .....	78
5.1 Adaptação do protótipo ao estudo de caso .....	78
5.1.1 Aplicativo para o estudo de caso .....	78
5.2 Implementação do estudo de caso .....	79
5.2.1 Modelo de domínio do estudo de caso .....	80
5.2.2 Requisitos funcionais do estudo de caso .....	80
5.2.3 Casos de uso do estudo de caso .....	81
6 Conclusão .....	104
7 Referências .....	106
ANEXO A – Código fonte do protótipo .....	108
ANEXO B – Código fonte do estudo de caso .....	111

## 1 Introdução

A Tecnologia de Identificação por Radiofrequência, *RFID* (*Radio Frequency Identification*), é o termo utilizado para descrever sistemas que transmitem uma identificação única de um objeto através de ondas de rádio frequência (RFID JOURNAL, 2005). Sua origem é bem antiga, porém começou a ser explorada com mais ênfase na Segunda Guerra Mundial com a utilização de radares (LANDT, 2001). Desde então vários estudos com base nessa tecnologia de rádio frequência foram desenvolvidos. Surgiram novos *hardwares* possibilitando novas utilizações. Atualmente a tecnologia *RFID* é utilizada em vários aspectos da nossa vida, segundo (LANDT, 2001), são milhares de aplicações, tais como impedir o roubo de automóveis, gerência de tráfego, acesso a edifícios, automação de estacionamentos e bibliotecas. Utilizando esse recurso é possível controlar uma grande variedade de ativos na gestão da cadeia de abastecimento.

Uma das formas de funcionamento da tecnologia *RFID* é através de etiquetas equipadas com uma pequena antena que ao receber um sinal de rádio frequência de uma antena transmissora, envia as informações contidas na etiqueta para que possam ser capturadas pela antena e transmitidas a um computador, onde podem ser tratadas de acordo com a necessidade (RFID JOURNAL, 2005).

No Brasil a tecnologia *RFID* já é utilizada em alguns projetos como, por exemplo, em pedágios, na rastreabilidade bovina, em cadeias de produção (logística) e em supermercados (em fase de testes) (BOAS, 2008). Mais especificamente na área de logística, a adoção da tecnologia *RFID* está sendo amplamente discutida, porém pouco utilizada.

Os sistemas de logísticas tem um grande potencial de utilização da Tecnologia *RFID*, devido a sua característica de controle e rastreabilidade. Os sistemas de gerenciamento de armazéns (*WMS – Warehouse Management System*) surgiram para atender essa necessidade. Porém muitos processos do *WMS* apresentam lacunas que podem ser preenchidas pela Tecnologia *RFID*, como por exemplo, recebimento, conferência e rastreabilidade de produtos, controle de expedição, etc.

A proposta deste trabalho consiste em fazer um levantamento teórico do funcionamento da Tecnologia *RFID*, de sua arquitetura, necessidades de *hardware*, integradores de *softwares*, custos e fornecedores. Com este embasamento será desenvolvido um protótipo para utilizar a Tecnologia *RFID*.

Como estudo de caso, o protótipo a ser desenvolvido será adaptado a um módulo no processo de conferência de volumes, na expedição do sistema *FullWMS*, sistema para gerenciamento de armazéns (*WMS – Warehouse Management System*) da empresa *FullSoft*, para atender as necessidades de alguns de seus clientes. Atualmente este processo é feito através de códigos de barras lidos por coletores de dados.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta o referencial teórico sobre a Tecnologia *RFID*, trazendo os principais conceitos sobre o conceito, histórico, modo de funcionamento e *middlewares*, entre outros aspectos da Tecnologia *RFID*. O Capítulo 3 apresenta os conceitos básicos de um Sistema de Gerenciamento de Armazéns (*WMS*), é apresentado o sistema *FullWMS* da *FullSoft* e suas necessidades de complementação.

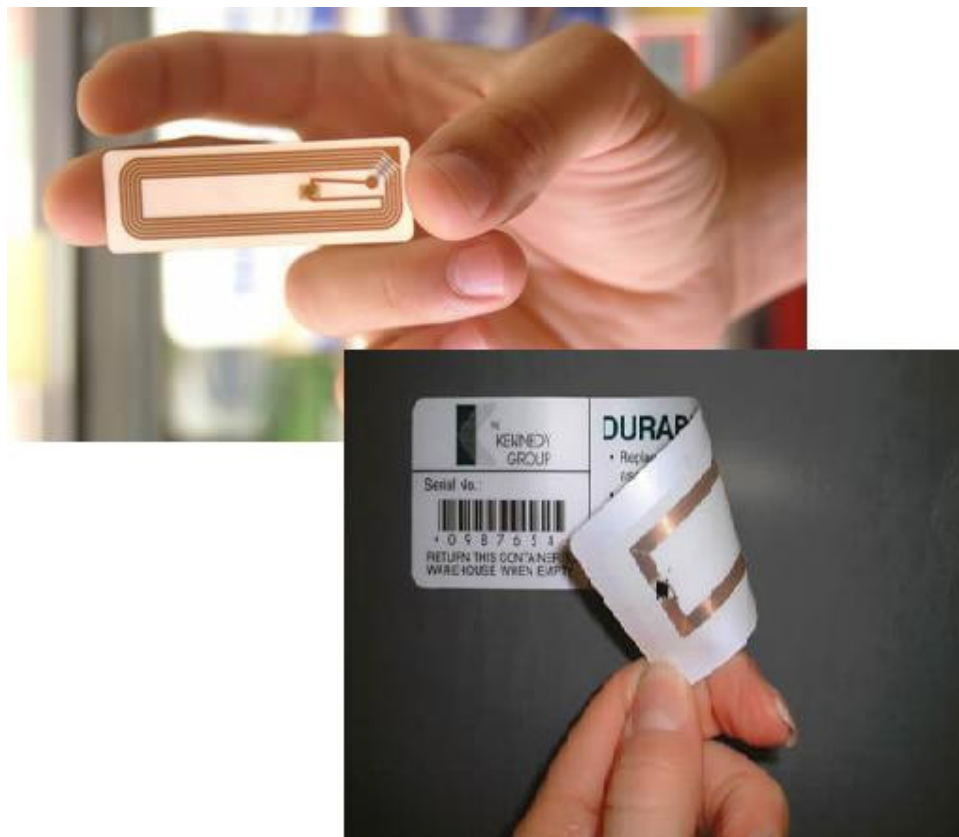
O Capítulo 4 apresenta o desenvolvimento do protótipo utilizando a Tecnologia *RFID*. O Capítulo 5 apresenta um estudo de caso com o protótipo desenvolvido visando uma futura integração ao processo de conferência de volumes da expedição do sistema *FullWMS* da *FullSoft* e finalmente, conclusões e trabalhos futuros no Capítulo 6.

## **2 Identificação por Rádio Frequência (*RFID - Radio Frequency Identification*)**

Neste Capítulo serão abordados os principais aspectos sobre a Tecnologia de Identificação por Rádio Frequência (*RFID – Radio Frequency Identification*).

### **2.1 Definição da *RFID***

A Tecnologia *RFID* é o termo genérico utilizado para descrever sistemas que transmitem uma identificação única (em forma de número de série) de um objeto, através de ondas de rádio. Algumas tecnologias de auto-identificação, como sistemas de códigos de barras, necessitam muitas vezes de pessoas para procurar manualmente os rótulos, ou etiquetas, para realizar as leituras dos dados com aparelhos específicos como leitores de códigos de barras. A Tecnologia *RFID*, foi projetada para permitir que aos aparelhos leitores capturarem os dados das etiquetas (*tags* ou *transponders* termos em inglês) para que possam ser transmitidos a sistemas de computador, sem a necessidade de intervenção humana (RFID JORNAL, 2005). A Figura 1 mostra alguns dos modelos etiquetas (*tags*) com a tecnologia *RFID*.



**Figura 1. Modelos de etiquetas (*tags*) com a tecnologia *RFID*.**

Fontes: <http://rfidbusiness.com.br/produtos/rfid.html> e <http://www.sinalamplificado.com.br/page/7/>.

As *tags RFID* são pequenos microchips anexados a uma antena de rádio. O *chip* pode armazenar, dependendo do modelo, até dois *kilobytes* de informações, como data de validade e/ou expedição de um produto. Outros modelos que vêm com os dados já pré-definidos pelo fornecedor e não podem ser adicionadas mais informações, são chamadas *tags* passivas e será comentado em Seções posteriores. Para recuperar esses dados é necessário um leitor, que nada mais é do que um dispositivo que tem uma ou mais antenas que emitem ondas de rádio e que recebem os sinais de retorno. Esse leitor passa essas informações em forma de sinais digitais para um sistema de computador (RFID JOURNAL, 2005).

## 2.2 Histórico da *RFID*

A origem da Tecnologia *RFID* é bem antiga, porém não como está apresentada nos dias de hoje. Os primeiros estudos com campos magnéticos datam de 1600 DC realizados



pelos chineses. Segundo (LANDT, 2001), entre 1600 a 1800 ocorreu uma explosão de conhecimento sobre eletricidade e magnetismo sendo Benjamin Franklin um dos pioneiros nesta área. A partir dos anos de 1800, surgiram várias descobertas relacionadas ao magnetismo. Em 1887, Heinrich Rudolf Hertz, físico alemão, produziu estudos sobre ondas eletromagnéticas (ondas de rádio). A ele é creditado como o primeiro a transmitir e receber ondas de rádio.

Já no Século 20, aproximadamente em 1922, foi considerado o surgimento do radar muito utilizado na Segunda Guerra Mundial. Basicamente enviava ondas de rádio para detectar e localizar um objeto pela reflexão de ondas de rádio. Um dos primeiros trabalhos a explorar a Tecnologia *RFID* foi de Harry Stockman em 1948. Depois de muito tempo os resultados desse trabalho foram aproveitados. Surgiram vários estudos, como por exemplo, os sistemas de *transponder* de longo alcance como “Identificação, amigo ou inimigo” (*IFF - Identification, friend or foe*) utilizado pelas aeronaves.

A partir de 1960 muitos estudos surgiram relacionados à Tecnologia *RFID*. Uma das primeiras aplicações comerciais foi à vigilância eletrônica de artigos (*EAS - Eletronic Article Surveillance*), que usavam *tags* basicamente de um bit para detectar a ausência ou a presença de uma marca, para tratar medidas anti-roubo utilizando a tecnologia de microondas.

Os anos de 1970 foram marcados pelo surgimento de empresas e instituições que passaram a trabalhar, desenvolver e pesquisar sobre a Tecnologia *RFID*. Já nos anos de 1980 os países começaram a trilhar caminhos diferentes para a utilização da Tecnologia *RFID*. Os Estados Unidos tiveram bastante interesse no transporte e no acesso de pessoal. No entanto na Europa os sistemas de animais, aplicações industriais e de negócios foi onde se aplicou mais a Tecnologia *RFID*.

A década de 1990 foi muito importante para a Tecnologia *RFID*, pois surgiram aplicações em larga escala. A cobrança eletrônica de postagens, o primeiro sistema de postagens eletrônicas (pedágios), sistemas de controle de partida de motores de veículos, aplicações para distribuição de combustível e muitas outras aplicações. Pela primeira vez os diodos *Schottky* foram fabricados em circuitos integrados. Esse avanço permitiu a construção de etiquetas de *RFID* usando microondas. Empresas como *IBM*, *Micron* e *Single Chip Systems (SCS)* utilizaram essa tecnologia.

Atualmente a Tecnologia *RFID* está cada vez mais em nosso dia-a-dia. A cada estudo e pesquisa surgem novas possibilidades, principalmente no comércio e na indústria. Na Tabela 1 observa-se um breve historio dos principais aspectos da evolução da Tecnologia *RFID*.

**Tabela 1. Breve histórico da evolução da Tecnologia *RFID***

<b>Década</b>	<b>Evento</b>
1940 – 1950	Radares refinados e utilizados, os principais esforços de desenvolvimento a Primeira Guerra Mundial II. Inventado <i>RFID</i> em 1948.
1950 – 1960	Exploração da Tecnologia <i>RFID</i> , experimentos de laboratório.
1960 – 1970	Desenvolvimento da teoria da <i>RFID</i> . Início das aplicações de ensaios de campo.
1970 – 1980	Explosão de desenvolvimento <i>RFID</i> . Testes de <i>RFID</i> aceleram. Adotado implementações de <i>RFID</i> muito cedo.
1980 – 1990	As aplicações comerciais da tecnologia <i>RFID</i> entram em consenso.
1990 – 2000	Aparecimento de normas. <i>RFID</i> generalizou. <i>RFID</i> torna-se parte da vida cotidiana.

Fonte: (LANDT, 2001).

Nos dias de hoje é comum encontrar produtos identificados com códigos de barras, que é uma tecnologia desenvolvida na década de 1960. São extremamente úteis nas empresas, principalmente nas que integram a cadeia de suprimento (*Supply Chain*), sendo essencial para a identificação de qualquer produto comercializado. A Tecnologia *RFID* vem para complementar, e em alguns casos substituir, o código de barras, trazendo muito mais possibilidades ao mercado (JUNIOR, 2006).

**Tabela 2. Comparativo da Tecnologia *RFID* com o código de barras**

<b>Aspectos</b>	<b>Código de Barras</b>	<b>Tecnologia <i>RFID</i></b>
Capacidade de armazenagem	Até 1000 caracteres	Até 64 mil caracteres
Possibilidade de escrita	Não	Sim
Múltiplas leituras simultâneas	Não	Sim. Até 300 <i>tags</i> simultaneamente
Visada direta	Sim	Não
Custo	Baixíssimo	Médio
Maturidade Tecnológica	Total	Em desenvolvimento

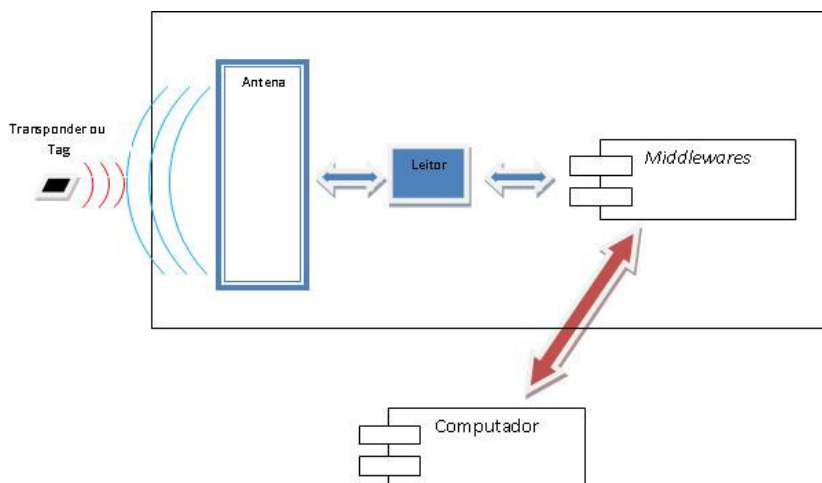
Fonte: (JUNIOR, 2006).

Como pode ser visto na Tabela 2, as vantagens da Tecnologia *RFID* sobre os códigos de barras são muitas, inclusive estas vantagens proporcionam novas funcionalidades não existentes nos códigos de barras (JUNIOR, 2006).

A seguir serão abordados os aspectos sobre a arquitetura básica da Tecnologia *RFID*.

## 2.3 Arquitetura *RFID*

A Tecnologia *RFID* caracteriza-se pela utilização de um conjunto de *hardware* e não apenas de um componente. Os componentes básicos de um sistema de *RFID* são etiquetas (*tags/transponders*), antenas, leitores e *Middleware*. Na Figura 2 é apresentada a arquitetura básica de *hardware* necessário para o funcionamento da Tecnologia *RFID*. A seguir são apresentadas as características principais dos componentes mais importantes: *tags* e leitores e *Middleware*.



**Figura 2.** Arquitetura básica de *hardware* da Tecnologia *RFID*.

### 2.3.1 *Tags* (ou *Transponders*) *RFID*

Segundo (MOROZ, 2004), as *tags*, ou *transponders*, mais conhecidas como etiquetas *RFID*, são os principais componentes desta tecnologia. Em sua maior parte são compostas por um *chip* e uma antena. O *chip* é composto por processador, memória e rádio transmissor. Funciona como um repetidor, respondendo através de ondas de rádio, as emissões das ondas de rádio enviadas pelas antenas, transmitindo sua identificação, bem como os dados contidos na etiqueta. Modelos vistos na Figura 1.

As etiquetas podem ser apenas leitura ou leitura e gravação. As apenas para leitura são pré-programadas com uma identificação única, já as de leitura e gravação são utilizadas para aplicações que requerem a atualização dos dados dinamicamente. Existem tipos de etiquetas que são utilizadas para apenas uma gravação e para muitas leituras.

As etiquetas ainda podem ser ativas ou passivas. Etiquetas ativas possuem uma bateria interna, de duração limitada e geralmente mais caras. Elas possuem uma maior capacidade de armazenamento e tem um alcance maior na emissão de ondas de rádio. As aplicações mais comuns são as utilizadas em pedágios nas rodovias. Já as etiquetas passivas, que podem ser com *chip* ou sem *chip*, não possuem nenhum tipo de fonte de alimentação e precisam de energia externa para funcionar. São alimentadas por energia eletromagnética que é transmitida a partir de um leitor. O sinal recebido ativa os componentes internos que, em seguida, transmitem o sinal de retorno com as informações contidas na etiqueta. As aplicações mais comuns são as utilizadas na identificação animal, segurança e controle de acesso, etc. (MOROZ, 2004).

Abaixo são apresentados alguns benefícios na utilização de *tags* ou *transponders*:

- Pode ser lida a distância e de qualquer orientação, não requer linha de visão para ser lida;
- Tem a capacidade de leitura e escrita, permitindo que os dados sejam alterados dinamicamente a qualquer momento (*tags* ativas);
- Várias etiquetas podem ser lidas simultaneamente e em grande volume, muito rapidamente;
- Podem ser fixados facilmente em qualquer produto, não-metálico, permitindo trabalhar em ambientes hostis.

A Tecnologia *RFID* utiliza ondas de rádio frequência para comunicação entre *tags* e leitores. Essas ondas de rádio são transmitidas em determinadas faixas de frequência, por isso a Tecnologia *RFID* é regulada com dispositivo de rádio. Portanto não devem interferir com outras aplicações protegidas, como rádios de serviços de emergências ou transmissões de televisão (GLOVER, BHATT, 2007).

As frequências disponíveis para a Tecnologia *RFID* são limitadas e identificadas como *Industrial Scientific Medical (ISM)*. A Tabela 3 mostra as faixas de frequências disponíveis para o uso com a Tecnologia *RFID*.

**Tabela 3. Faixas de frequências *RFID***

Nome	Faixa de frequência	Frequências <i>ISM</i>
Baixa frequência ( <i>LF</i> )	30 – 300 <i>KHz</i>	< 135 <i>KHz</i>
Alta frequência ( <i>HF</i> )	3 – 30 <i>MHz</i>	6.78 <i>MHz</i> , 13,56 <i>MHz</i> , 27.125 <i>MHz</i> , 40.680 <i>MHz</i>
Ultra-alta frequências ( <i>UHF</i> )	300 <i>MHz</i> – 3 <i>GHz</i>	433.920 <i>MHz</i> , 869 <i>MHz</i> , 915 <i>MHz</i>
Microondas	> 3 <i>GHz</i>	2.45 <i>GHz</i> , 5.8 <i>GHz</i> , 24.125 <i>GHz</i>

Fonte: (GLOVER, BHATT, 2007).

Segundo (MOROZ, 2004), as etiquetas passivas operam em diferentes faixas de frequência: baixa frequência (*LF*), alta frequência (*HF*) e ultra-altas frequências (*UHF*). Uma única faixa de frequência não atende a todas as necessidades, por isto existem as diferentes faixas.

As etiquetas *LF* utilizam faixas entre 125 e 134.2 *KHz*. Sua principal característica é que não é afetada por metais, sendo ideal para ser utilizada em itens metálicos, como veículos, equipamentos, ferramentas, etc. O intervalo de leitura pode variar de alguns centímetros a alguns metros, dependendo do tamanho das *tags* e dos leitores. Outra vantagem é que a *LF* penetram na maioria dos materiais, como água, tecido do corpo, etc. Suas limitações são ao ser utilizado em ambientes industriais, motores elétricos, podem interferir nas faixas de *LF*. Devido ao tamanho necessário da antena, tornam-se mais caras, limitando sua utilização.

As etiquetas com *HF* operam na faixa de 13.56 *MHz*, que é uma frequência aceita em nível mundial. Da mesma forma que a *LF*, viaja bem pela maioria dos materiais, porém não é indicada para itens metálicos. As grandes vantagens em relação à *LF* são o menor custo, melhor velocidade de comunicação e a capacidade de ler várias etiquetas ao mesmo tempo. Outra vantagem é que a etiqueta *HF* pode ter um tamanho menor que as etiquetas *LF*, devido ao tamanho da antena por ser diretamente relacionada ao tamanho da onda. Quanto maior a frequência menor o tamanho da onda e menor o tamanho da antena. Devido ao tamanho da etiqueta *HF*, que pode ser muito pequena, ela pode ser utilizada numa grande variedade de itens, podendo ser colocada em rótulos, por exemplo. Foi projetada para aplicações que requerem um intervalo de leitura pode variar de 1 metro ou mais de distância para comunicação.

As etiquetas *UHF* trabalham com faixas de 300 *MHz* a 3 *GHz*, sendo que é mais utilizadas nas faixas de 433 *MHz*, 860 a 956 *MHz* e 2.45 *GHz* e é mais recente que a *LF* e *HF*. É utilizada na cadeia de suprimentos (*supply chain*), onde são necessárias grandes distâncias para leitura, de 3 a 6 metros. Permite a leitura de um maior número de etiquetas simultaneamente. A desvantagem do *UHF* é que não funcionam na presença de líquidos e metais e o *UHF* não é utilizado em aplicações como serviços bancários e controles de acesso devido a sua longa distância de utilização. Possui restrições quanto a sua utilização a nível global devido à falta de regulamentação das faixas de frequência e de normas de segurança (MOROZ, 2004).

Segundo a *EPC Global Inc.*, atualmente organização líder no desenvolvimento de padrões para o Código Eletrônico do Produto (*EPC – Electronic Product Code*), que apóia o uso da Tecnologia *RFID*, as faixas de frequências que devem ser utilizadas no Brasil são de

902 a 907.7 MHz e de 915 a 928 MHz, sendo que a regulamentação no Brasil é feita pela Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL (EPCGLOBAL, 2010). Para dispositivos de identificação próximos a frequência padrão é de 13.56 MHz. A padronização e os órgãos reguladores serão abordados na Seção 2.6.

A seguir, na Tabela 4, apresenta um comparativo entre as faixas de frequência *LF*, *HF* e *UHF*.

**Tabela 4. Comparativo entre as faixas de frequência.**

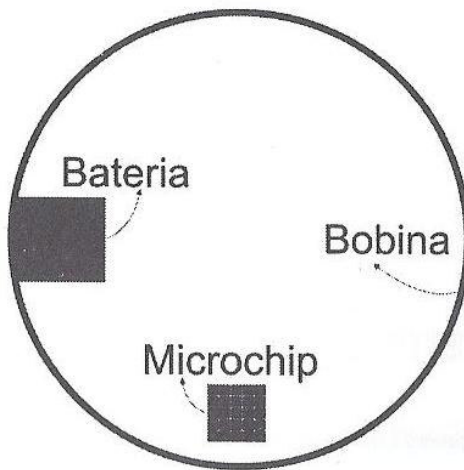
Item	<i>LF</i>	<i>HF</i>	<i>UHF</i>
Faixa de frequência	125 a 134,2 KHz	13,56 MHz	300 MHz a 3 GHz
Distância de leitura	De alguns centímetros a alguns metros	1 metro ou mais	De 3 a 6 metros
Tipo de materiais	Todos e é ideal para metálicos	Todos, exceto metálicos e é ideal para itens pequenos	Restrições a líquidos e metais.
Capacidade de leitura	Poucas etiquetas simultaneamente	Várias etiquetas simultaneamente	Muitas etiquetas simultaneamente
Interferências	Equipamentos elétricos	Não sofre interferência	Não sofre interferência

As etiquetas ativas, conforme citado anteriormente, funcionam sempre com o auxílio de baterias e são caracterizadas por possuírem um transmissor interno. Os *transponders* ativos são capazes de emitir sinal, porém na sua grande maioria, não está livre da utilização de leitores. Geralmente trabalham nas faixas de 455 MHz, 2,45 GHz e 5,8 GHz. Ainda existem as *tags* de duas vias (*two-ways tag*), que se diferenciam da *tags* ativas pelo fato de não precisar ser ativado por um leitor, podendo ainda comunicar-se entre si. São capazes de suprir seu próprio consumo de energia e iniciar a comunicação com outras *tags* sem o auxílio de um leitor (SANTINI, 2008).

### 2.3.1.1 Formato das *tags* RFID

Um aspecto importante a ser observado nas etiquetas é o seu formato. Atualmente existem várias formas de encapsular as *tags* (*chip*, antena e bateria). Segundo (SANTINI, 2008), o formato é que define sua utilização e desempenho do sistema. A seguir são apresentados os formatos mais comuns utilizados atualmente.

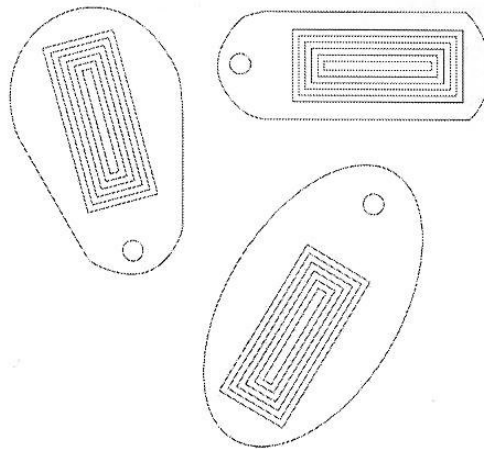
- **Elipses:** O *chip*, a antena e às vezes a bateria, são embalados numa carcaça de resina de epóxi ou poliestirol (*polystyrol*) nos formatos de disco ou moedas (SANTINI, 2008). Na Figura 3, é apresentada a estrutura básica interna de uma *tag RFID* em formato de elipse.



**Figura 3.** *Tag RFID* em formato de moeda

Fonte: (SANTINI, 2008)

- **Plástico:** Estão entre os mais comuns, devido à fácil adaptação de funcionalidades. Normalmente são apresentados em forma de chaveiros, tem a carcaça mais resistente para situações que exigem durabilidade como na Figura 4.



**Figura 4.** *Tag RFID* em carcaça de plástico

Fonte: (SANTINI, 2008)

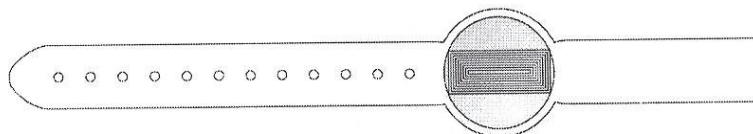
- **Cartões:** Muito utilizados por bancos para se tornar um “cartão esperto” e não somente um cartão com banda magnética ou óptica e são denominados *Smart Cards*. O chip *RFID* fica dentro do cartão, que é composto por várias camadas de plástico prensado, como na Figura 5.



**Figura 5. Smart Card**

Fonte: (SANTINI, 2008)

- **Embarcadas:** São inseridas dentro de objetos comuns, como relógios, roupas e braceletes. Utilizados normalmente em controle de acesso e para identificação pessoal. A Figura 6 é um exemplo de utilização em um relógio.

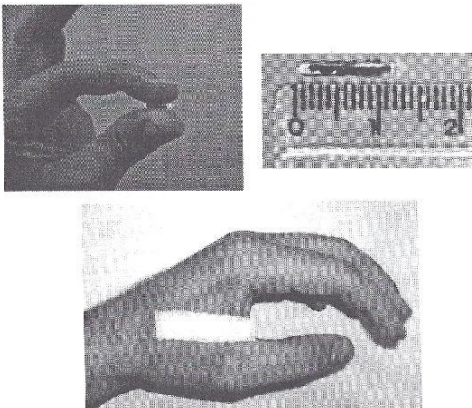


**Figura 6. Chip *RFID* embutido em relógio**

Fonte: (SANTINI, 2008)

- **Vidro:** Desenvolvido para que a *tag RFID* pudesse ser utilizadas em ambientes corrosivos ou imersas em líquidos ou ainda em implantes subcutâneos, com tamanho bastante reduzido (cerca de um cm) pode ser implantado em seres vivos. É muito utilizado para a identificação de animais e pode ser utilizado em seres humanos para abrir portas, ligar o carro, em hospitais, etc. Na Figura 7 pode ser visto o *transponder* implantado na mão de um paciente.





**Figura 7.** *Transponder implantado na mão de um paciente*

Fonte: (SANTINI, 2008)

- **Rótulo:** Produzido em maior escala, por ser o provável substituto em algumas tarefas do código de barras. Também conhecido como *smart labels* é sempre do tipo passivo, pois são dispostos em camadas de papel ou adesivo, podendo receber impressão por cima, semelhante às usadas em códigos de barras. A Figura 8 mostra um exemplo de *smart labels*.



**Figura 8.** *Smart Labels*

Fonte: (SANTINI, 2008)

As *tags RFID* ainda podem se classificar pela memória, capacidade de armazenamento e pelo processamento. A capacidade de armazenamento de uma *tag* pode variar de um bit a vários *kilobytes*. As *tags* de menor capacidade são chamadas de *1-bit transponder*, sendo do tipo passivas e mais baratas, e as *tags* de maior capacidade são chamadas de *n-bit transponders*, são do tipo ativas e mais caras (SANTINI, 2008).

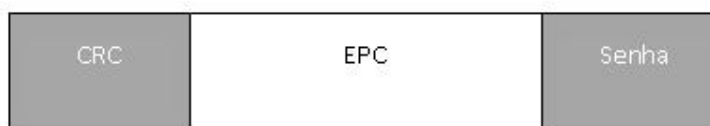
As *tags 1-bit transponder* se caracterizam justamente por conseguir comunicar apenas 1 *bit* de informação. São extremamente pequenas e não possuem nenhuma identificação própria, pois não possuem memória interna propriamente dita. Quando a *tag* entra no campo de ação do leitor, ela responde apenas com um “0” ou “1”, sendo “1” quando a *tag* está presente. Muito utilizadas em sistemas anti-roubo de lojas, locadores e em bibliotecas. Esses sistemas são conhecidos como Vigilância Eletrônica de Artigos (*EAS – Electronic Article Surveillance*). O sistema *EAS* é composto por uma antena no leitor, as *tags* que são anexadas aos produtos (roupas, filmes, livros, etc.) e um dispositivo que desativa o *transponder* após o pagamento. Se um produto passar pelo leitor, que geralmente está nos locais de acesso das lojas, entrada e saída, sem ser desativado, ele é detectado e o equipamento emite um sinal sonoro, por exemplo, inibindo o roubo.

Um tipo peculiar de *tag* utilizada em sistemas *EAS* são as chamadas de *tags* de Superfície de Ondas Acústicas (*SAW – Surface Acoustic Wave*). Estas *tags SAW* são utilizadas em ambientes hostis, como em grandes temperaturas ou na presença de radiação elevada e se caracterizam por possuírem um *ID* único e não necessitam de baterias, microchips ou processadores, pois já vem de fábrica com o seu *ID* e não pode ser alterado. A *tag* possui linhas refletoras, que representam o seu *ID*, e refletem parte dos pulsos de microondas, onde os espaços e as reflexões formam o *ID* do *transponder* (SANTINI, 2008).

As *tags n-bit transponders* são utilizadas quando é necessário armazenar uma grande quantidade de dados, podendo variar de um simples *ID* ou mais informações. O ideal seria armazenar a menor quantidade de informação possível, de preferência somente o próprio *ID* e as demais informações em bancos de dados, referenciadas pelo *ID*. Isto tornaria as *tags* menores e com menor custo. Entretanto, existem situações em que é necessário ter mais informações em um *transponder*. Nesse caso se utiliza a tecnologia de memória *EEPROM* (*Electric Erasable and Programmable Read-Only Memory*), que tem capacidade variável de 16 *bytes* a 8 *Kbytes*, que tem a capacidade de serem apagadas e programadas novamente por um dispositivo adequado, no entanto, no seu funcionamento normal, operam no modo somente leitura. Outro tipo de memória que pode ser utilizada nos *transponders* são as memórias do tipo *RAM* (*Random Access Memory*), semelhantes às de um computador, tem a

capacidade variável de 256 *bytes* a 64 *Kbytes*, podendo acessar e escrever informações de forma aleatória. E ainda podem ser utilizadas as memórias *SRAM* (*Static Random Access Memory*), que são memórias do tipo *RAM*, porém com gravação estática (SANTINI, 2008).

Quando a *tag* necessita armazenar apenas o *ID*, sua estrutura é bem simples. A memória é dividida em três partes: a primeira é a Checagem de Redundância Cíclica (*CRC – Cyclic Redundancy Check*), ou *checksum*, que verifica se o bloco de informações não está corrompido; a segunda é o *EPC*, ou *ID* e a terceira é a *Password* ou *kill code*, que é uma senha para desativar a *tag*. A Figura 9 mostra um exemplo da estrutura da memória desse tipo de *tag*.



**Figura 9. Estrutura da memória.**

Fonte: (SANTINI, 2008)

Outros dois componentes muito importantes da estrutura básica da Tecnologia *RFID* são o leitor e a antena.

### 2.3.2 Leitores e Antenas *RFID*

O leitor, ou *transceiver*, ou *reader*, tem a função de comunicar-se com o *transponder* através de uma antena. Ele repassa as informações, às vezes processando-as, para outro sistema chamado de *Middleware*, através de uma interface. Os leitores tem como dispositivo de entrada uma antena, independentemente da capacidade, funcionalidade ou tipo do leitor. O leitor obtém as informações da *tag* através da antena e é a interface entre os sinais de rádio recebidos e o Controlador da Leitora. Normalmente possuem uma ou duas antenas conectadas, mas eventualmente podem ser conectadas a mais antenas inclusive distantes entre si, respeitando a perda de sinal e a capacidade de processamento (SANTINI, 2008).

Outro componente físico importante é o Controlador, que é o dispositivo responsável por controlar o leitor. Pode variar em complexidade, podendo ser embarcado em um celular ou em servidores com várias funcionalidades.

E finalmente a interface de rede, para fazer com que as informações saiam do leitor, podendo ser uma simples porta *Ethernet*, *USB* ou serial.

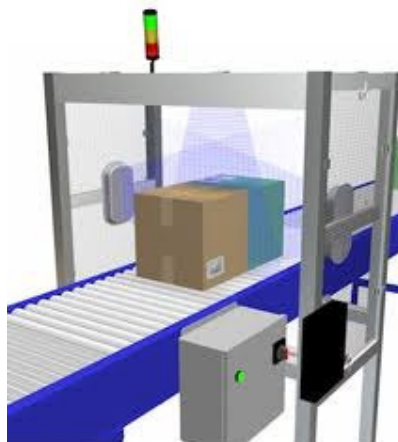
O *layout* do leitor pode variar em forma, tamanho e manuseio, dependendo da necessidade, e é essencial para saber qual o tipo de sistema *RFID* será utilizado (SANTINI, 2008). Uma das formas mais conhecidas é a de portal, como mostra a Figura 10.



**Figura 10.** *Layout* do leitor em forma de portal.

Fonte: <http://www.rfidsupplychain.com/StoreFront.bok>

Outra forma de se dispor o *layout* do leitor é em túneis. Normalmente instalado em esteiras, são semelhante ao portal, porém neste caso a vantagem é de se obter uma blindagem das frequências de rádio emitida, evitando a captação de raios refletidos ou de sinais perdidos e a interferências com outras antenas ou equipamentos (SANTINI, 2008). A Figura 11 mostra um exemplo de *layout* em forma de túnel.



**Figura 11.** *Layout* do leitor em forma de túnel.

Fonte: <http://www.rfidsupplychain.com/StoreFront.bok>

Muitas vezes existe a dificuldade em movimentar o item até o leitor, impossibilitando a sua leitura. Nestes casos pode-se usar um dispositivo *handheld*, onde o leitor e a antena

ficam juntos no dispositivo manual. Alguns modelos podem ler tanto *tags RFID*, quanto códigos de barras e se comunicam através de rede *wireless*, *Ethernet* ou porta *USB* (SANTINI, 2008), como mostra a Figura 12.



**Figura 12.** *Handheld* com dispositivo de *RFID* (leitor e antena).

Fonte: <http://www.autocom.com.br/br/produtos-RFID.asp>

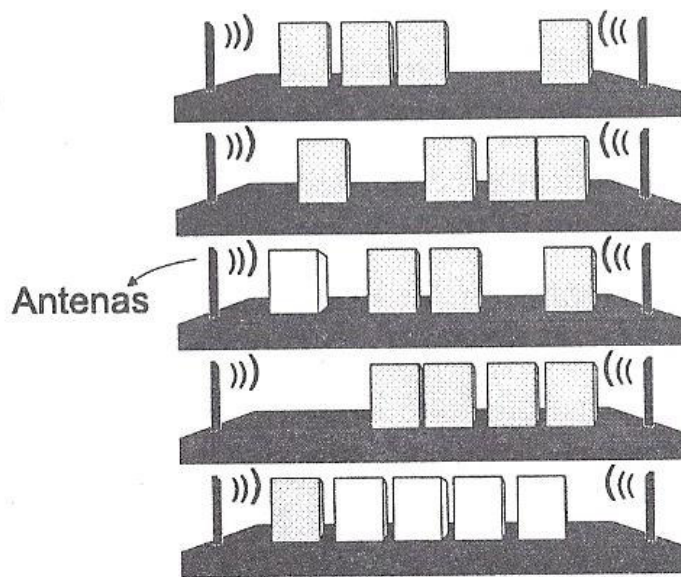
Outra situação é dispor de um leitor e antena em uma empilhadeira. Neste caso o equipamento fica acoplado diretamente na empilhadeira, fazendo a leitura das *tags* das caixas ou paletes, enquanto estão sendo transportadas, evitando a leitura manual após o transporte, diminuindo os custos e mão-de-obra (SANTINI, 2008). A Figura 13 mostra um exemplo de leitor e antena disposto em uma empilhadeira. Segundo (JUNIOR, 2006), a utilização de sistemas *RFID* embarcados traz ganhos de forma consistente e confiável.



**Figura 13.** Leitor e antena dispostos em uma empilhadeira.

Fonte: (JUNIOR, 2006).

Outra forma de dispor os leitores é em prateleiras inteligentes, ou *Smart Shelves*. Desta forma os produtos podem ser monitorados na própria prateleira, emitindo avisos quando o produto deve ser repostado e gerar relatórios precisos do estoque em tempo real (SANTINI, 2008). A Figura 14 mostra um exemplo de *Smart Shelves*.



**Figura 14. Smart Shelves.**

Fonte: (SANTINI, 2008)

Existem ainda as impressoras *RFID* que são um tipo especial de leitor, que tem a capacidade de ler as informações de um *transponder* e imprimir as etiquetas no formato de *Smart labels*, inclusive com códigos de barras. Além de ler e imprimir existe alguns modelos que podem até afixar as *tags* aos produtos, essas vem sendo utilizadas nos aeroportos no controle de bagagens (SANTINI, 2008). A Figura 15 mostra um exemplo de impressora *RFID*.



**Figura 15. Impressora RFID.**

Fonte: <http://www.logismarket.ind.br/genoa/impressora-rfid/1258170968-1179619214-p.html>.

Na Seção seguinte será apresentado como poderia ser identificado um item de forma simples, utilizando uma *tag* e leitores.

### **2.3.3 Identificando e lendo um item com a Tecnologia *RFID***

A identificação de um item com a Tecnologia *RFID* pode ser feita de forma simples e rápida. Supondo-se que é necessário rastrear um item embalado em uma caixa. Este item possui um lote de fabricação e uma data de validade, e esses dados devam ser constantemente verificados para fins de controle.

Poderiam ser utilizadas as *tags* chamadas *Smart Labels*, como apresentado na Seção 2.3.1.1, ou seja, as *tags* em forma de rótulos, muito parecidas com as etiquetas de códigos de barras. Utilizando uma impressora *RFID*, apresentada na Seção 2.3.2, para imprimir as informações pertinentes, inclusive código de barras se for o caso, e também para ativar e gravar as informações na memória da *tag RFID*. Ao passar pelos leitores em forma portais ou em esteiras com leitores em forma de túnel, ambos apresentados também na Seção 2.3.2, as informações lidas seriam tratadas pelo *Middleware* e enviadas a um sistema para o devido tratamento.

Outra forma seria utilizar as *tags* que são passivas, com *ID* ou *EPC* pré-definidos, onde se tem uma gama muito grande de formas e modelos disponíveis no mercado. Neste caso, seria necessária uma leitura inicial da *tag* para referenciar no sistema, as informações relevantes, como o item, o lote, a data de validade e o código *EPC* ou *ID*. A *tag* poderia ser fixada na caixa ou diretamente sobre o item. Quando a caixa passar pelos leitores, a informação do código *EPC* ou *ID* é enviado pelo *Middleware* ao sistema para a identificação e devido tratamento.

Na Seção seguinte são apresentadas as características de um *Middleware* utilizado num sistema *RFID*.

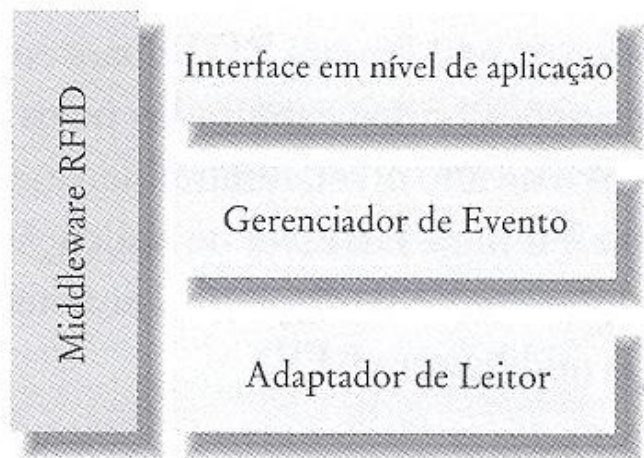
### **2.3.4 *Middleware RFID***

Um *Middleware* se caracteriza por ser uma camada de *software* que faz a interligação entre uma diversidade de componentes específicos e os sistemas de aplicações. Na Tecnologia *RFID*, o *Middleware* é utilizado para fazer o tratamento das informações coletadas pelos leitores e antenas e disponibilizá-las às aplicações.

Atualmente a maior parte dos *Middleware* disponíveis fornece três recursos básicos: encapsular as aplicações das interfaces de dispositivos; processar as observações brutas (milhares de dados das *tags* coletados pelos leitores), que dependendo do contexto podem ser um *EPC*, capturadas pelos leitores e sensores de modo que as aplicações só vejam eventos significativos e de alto nível, diminuindo assim o volume de informação que elas precisam processar; e fornecer uma interface em nível de aplicação para gerenciar leitores e consultar observações *RFID* (GLOVER, BHATT, 2007). A Figura 16 mostra os principais componentes do *Middleware RFID*.

Em um cenário onde empresas que utilizam Tecnologia *RFID*, muito provavelmente utilizam vários tipos de leitores diferentes, e, portanto de fornecedores diferentes. Nesse caso desenvolver uma aplicação que grave nas *APIs* fornecidas para cada tipo de leitor funcionaria somente para cenários triviais. A alternativa seria utilizar um adaptador de leitor que forneça os meios para eliminar as diferenças dos leitores e *APIs* divergentes, fornecendo uma única interface abstrata para as aplicações (GLOVER, BHATT, 2007).

Além do enorme volume de dados, as observações brutas precisam de mais processamento para ser significativas para as aplicações corporativas. As tecnologias atuais produzem taxas precisas de leitura entre 80 a 99 por cento, em ambientes comerciais devido à física das comunicações por frequências de rádio, ou seja, de cada 100 identificadores, 80 a 99 seriam registrados a cada ciclo de leitura. Devido às taxas de leituras não serem 100 por cento precisas, um item que tenha sido pego em um ciclo de leitura poderia ser perdido durante o ciclo seguinte.



**Figura 16.** Componentes do *Middleware RFID*

Fonte: (GLOVER, BHATT, 2007)



As informações brutas dos sensores e leitores *RFID* tem falta de contexto em nível de aplicação, precisando de mais processamento para mapear estas observações brutas em eventos de maior granularidade, que sejam significativas para as aplicações. Conseqüentemente, o *Middleware* precisa não apenas consolidar, agregar e filtrar as observações brutas provenientes de leitores e sensores, mas também fornecer contexto em nível de aplicação, esse processo é chamado de “filtragem de eventos” que é função do “gerenciador de eventos” (GLOVER, BHATT, 2007).

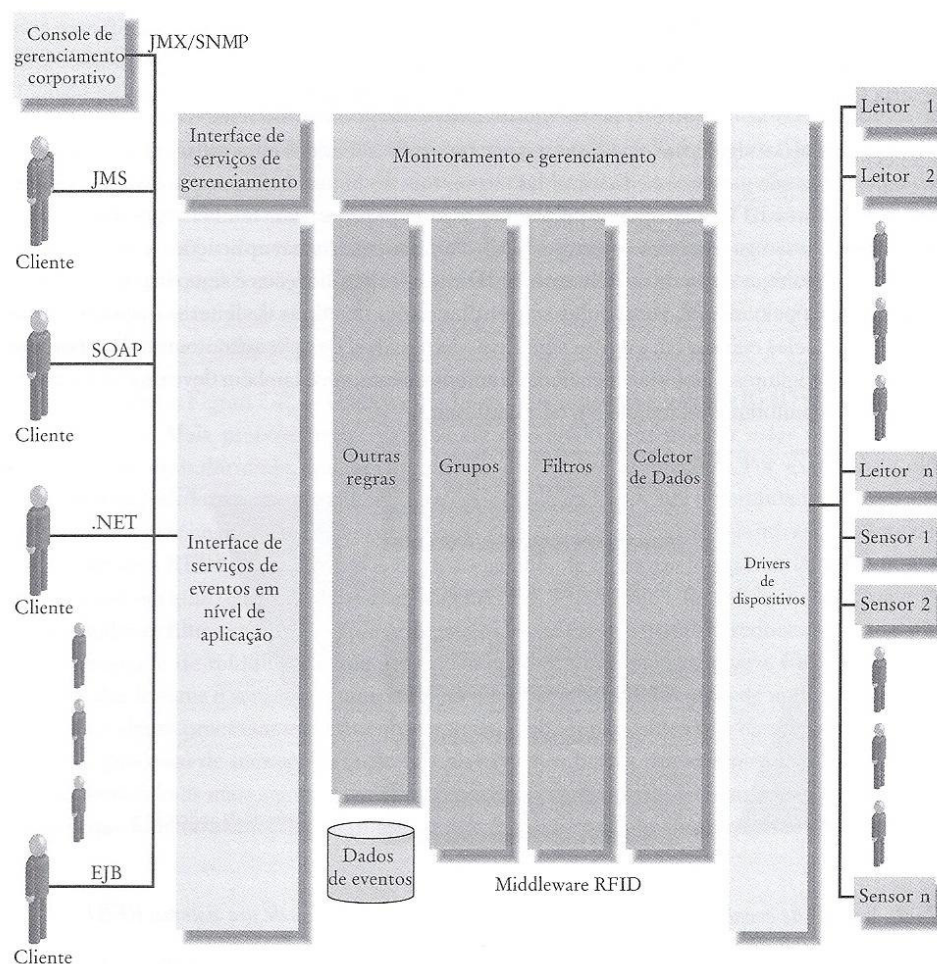
O *Middleware* fornece uma forma padronizada de lidar com o fluxo de informação criada pelos identificadores *RFID*. É necessária uma interface orientada a serviços, chamada de interface em nível de aplicação, que forneça uma semântica em nível de aplicação para a coleção de dados *RFID* (GLOVER, BHATT, 2007).

Além das funções descritas acima, uma solução *Middleware RFID* também deve fornecer uma interface de gerenciamento e monitoração que compõe a sua arquitetura lógica, que será apresentada na Seção seguinte.

#### **2.3.4.1 Arquitetura lógica**

Aplicações corporativas são geralmente distribuídas em centros de dados e expor esta infra-estrutura diretamente às observações de leitores *RFID*, acarretaria uma sobrecarga e um atraso no processamento. O *Middleware* deve encapsular as peculiaridades dos tipos de leitores disponíveis das suas aplicações e permitir a elas enfocar em eventos significativos em nível de aplicação, sem ser bombardeado por observações brutas dos leitores (GLOVER, BHATT, 2007).

O *Middleware* recebe observações de mais de uma fonte de dados, que pode ser qualquer sensor que colete dados sobre o mundo físico, como um leitor *RFID* ou sensor de temperatura. Após isto, o componente gerenciador de eventos do *Middleware* os agrega, transforma ou filtra para prepará-los para consumo pelas aplicações, ajudando a reduzir o enorme volume de dados que as aplicações devem processar. O *Middleware* ainda pode suportar descoberta, provisionamento, monitoramento e gerenciamento de leitores, fornece mecanismos de coleta, interpretação, agregação, filtragem e agrupamento de dados, suportar interfaces orientadas a serviços usando padrões com *Java*, *J2EE*, *.NET* e serviços *web* e oferece capacidades de gerenciamento, monitoração e provisionamento remotos, como mostra a Figura 17 (GLOVER, BHATT, 2007).



**Figura 17. Arquitetura conceitual do *Middleware***

Fonte: (GLOVER, BHATT, 2007)

Uma das implementações mais encontradas desta arquitetura lógica é especificação *Application Level Events (ALE)* da *EPC Global Inc.* Esta especificação define uma interface neutra quanto a leitores para receber eventos de leitores *RFID*. Alguns dos *Middleware RFID* comerciais são o *Sun Java Systems RFID Software* da *Sun Microsystems*, o *RFTagAware* da *ConnectTerra*, *Edgeware RFID* da *GlobeRanger*, etc. (GLOVER, BHATT, 2007).

Existem vários outros componentes que compõem a estrutura básica da Tecnologia *RFID*. Os componentes listados acima formam apenas uma pequena parcela do grande universo que já está disponível no mercado. Como mencionado acima, a Tecnologia *RFID*, caracteriza-se por um conjunto de componentes, tanto de *hardware* como de *software* para o seu funcionamento, e não apenas de um componente isolado. Na próxima Seção será abordado o funcionamento da Tecnologia *RFID* como um todo.

## 2.4 Modo de funcionamento

Nesta Seção é abordado o modo de funcionamento da Tecnologia *RFID*, levando-se em consideração a arquitetura básica apresentada na Seção 2.3.

Como apresentado na Figura 2, a estrutura básica da Tecnologia *RFID*, concentra-se nas *tags*, nos leitores e antenas, sendo que o principal aspecto para o funcionamento do sistema são as ondas de rádio frequência. Segundo (SANTINI, 2008), basicamente o leitor modula as ondas de rádio frequência, transmite, através das antenas, e recebe as ondas do retorno das *tags*. As *tags*, por sua vez, após receberem o sinal do leitor, devolvem as informações armazenadas, fazendo assim uma comunicação nos dois sentidos. Quando as *tags* não possuem bateria própria, a energia é fornecida pelo leitor via ondas de rádio, sendo ativada somente quando está sob a área de interrogação de leitor.

### 2.4.1 Complexidades

Os sistemas *RFID* são classificados em três tipos quanto a sua complexidade: *Low-end Systems*, *Mid-Range Systems* e *High-end Systems*.

#### 2.4.1.1 Sistemas *Low-end*

Os *Low-end Systems* são os mais simples, eles checam e monitoram se existe a presença de alguma *tag* na área de cobertura da antena. Normalmente utilizado em sistemas *EAS*, operam com *tags* com *microchip* e memória somente leitura e geralmente elas possuem um *ID* que não pode ser alterado. Quando a *tag* está sob a área de interrogação do leitor, ela emite seu sinal formando um *broadcast*. Devido a isto, apenas uma *tag* por vez pode estar na área de cobertura da antena, caso contrário causaria colisão e nenhuma *tag* poderia se comunicar com o leitor. Por isso que quando se utilizam os sistemas *Low-end Systems*, só pode ser colocada uma *tag* de cada vez sob a sua área de atuação da antena.

Mas justamente por esta limitação, esse tipo de sistema é ideal para aplicações que requerem um tamanho reduzido das *tags*, que por sua vez não necessitam de bateria nem de memória implicando num baixo custo. Podem operar em todas as frequências e as *tags* podem

ter um alcance bem amplo e é utilizado onde a quantidade de dados requerida é baixa (SANTINI, 2008).

### **2.4.1.2 Sistemas *Mid-range***

O sistema *Mid-range System* é utilizado em situações que exigem *tags* com memória que permite escrita, podendo ser *EEPROM* ou *SRAM*. Neste tipo de sistema pode-se utilizar mais de uma *tags* na área de interrogação do leitor, pois elas possuem algum tipo de processamento, permitindo o tratamento anti-colisão. Uma característica do *Mid-rang Systems* é a capacidade de armazenamento de processos de criptografia, como a autenticação entre a *tag* e o leitor, podendo operar em qualquer frequência disponível (SANTINI, 2008).

### **2.4.1.3 Sistemas *High-end***

E finalmente o *High-end Systems* é o mais completo sistema *RFID*. Possui um microprocessador e um sistema operacional de *Smart Card (Smart Card OS)*, sendo possível implementar alguns algoritmos de autenticação mais fortes. Existe ainda o *dual interface Smart Card* que tem um co-processador criptográfico no qual se tem um ganho de tempo enorme e é utilizado normalmente em aplicações que requerem um alto nível de segurança de transmissão de dados, como bolsa eletrônica ou sistemas de *tickets* para transporte público. Este sistema opera somente em *HF* (SANTINI, 2008).

## **2.4.2 Modos de comunicação**

Como já foi mencionada anteriormente, a comunicação entre a *tag* e o leitor é feita através de ondas de rádio frequência. Essa comunicação em si é classificada em *FDX (Full Duplex)* e em *HDX (Half Duplex)*.

Na comunicação *FDX*, a *tag* e o leitor podem “falar” ao mesmo tempo, isto é, os dados são enviados do *transponder* para o leitor e vice-versa, simultaneamente. Já na comunicação *HDX* cada um tem a sua vez de “falar”. O *transponder* e o leitor alternam o envio dos dados, cada um em um momento. Em ambos os casos o leitor fornece energia suficiente durante toda a conversa (SANTINI, 2008).

### 2.4.3 Acoplamentos

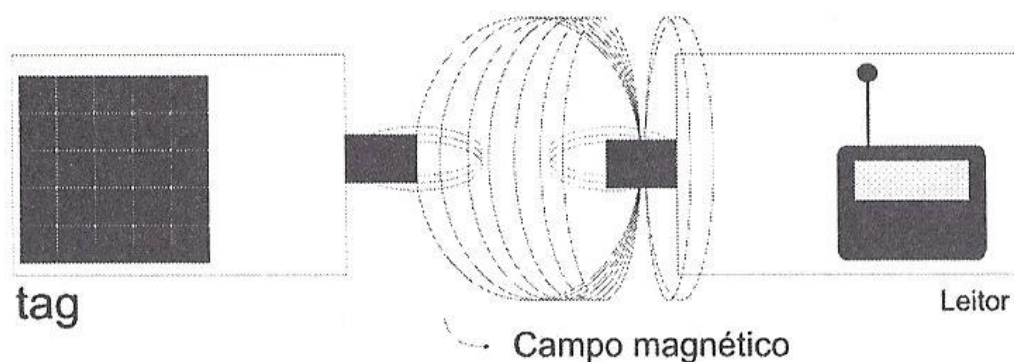
Outro aspecto importante na comunicação é a maneira de acoplamento do sistema, que é a forma da *tag* se comunicar com o leitor, também chamado de *air interface*. A definição da forma de acoplamento da *tag* determina o alcance e a compatibilidade entre os leitores e os *transponders*, pois no caso das *tags* passivas, o acoplamento também é a maneira de como ela obtém energia. Os acoplamentos podem ser por *backscatter*, indutivo ou magnético (SANTINI, 2008).

#### 2.4.3.1 Acoplamento *Backscatter*

O acoplamento por *backscatter* é caracterizado pela comunicação com a mesma frequência entre o leitor e o *transponder*. O sinal emitido pelo leitor é refletido pelo *transponder*, porém com características diferentes. Como utilizam a mesma frequência, precisam trabalhar um de cada vez, utilizando a comunicação *HDX*. Seu funcionamento é muito semelhante a uma luz de uma lanterna refletida em um espelho (SANTINI, 2008).

#### 2.4.3.2 Acoplamento indutivo

No acoplamento indutivo o *transponder* deve ter uma grande área de bobina funcionando como antena, pois toda a sua energia deve ser fornecida pelo leitor. Um forte campo eletromagnético de *HF* é emitido pela antena do leitor, que penetra na seção transversal e nas áreas próximas da antena da *tag*. O campo eletromagnético é tratado como um simples campo magnético alternante, devido ao tamanho do comprimento da onda ser muito maior que a distância entre o leitor e a *tag*. A energia é obtida pela *tag* através da bobina a qual recebe a corrente gerada pelo campo magnético da antena do leitor (SANTINI, 2008), como mostra a Figura 18.

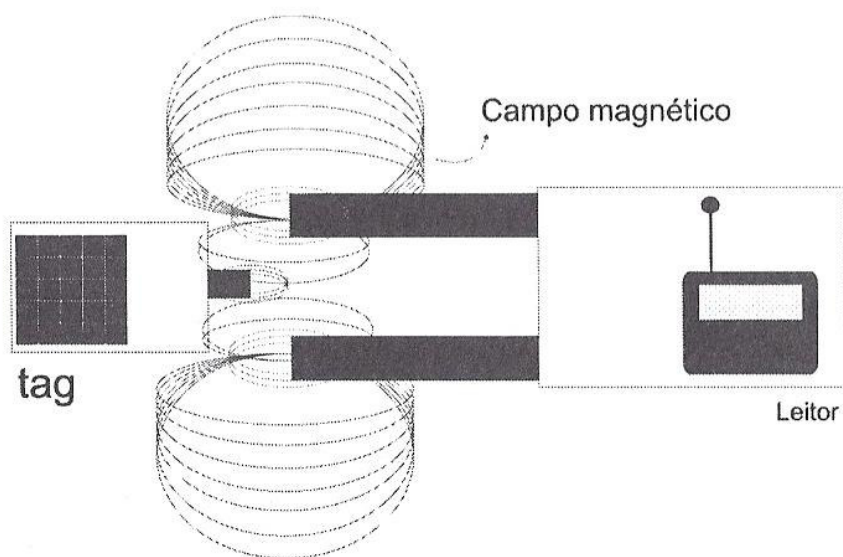


**Figura 18. Acoplamento indutivo**

Fonte: (SANTINI, 2008)

### 2.4.3.3 Acoplamento magnético

Já o acoplamento magnético é muito semelhante ao indutivo, sendo a maior diferença a bobina do leitor que é um núcleo redondo ou em forma de “U” com enrolamentos. Para utilizar esse acoplamento o *transponder* deve estar no vão existente entre o núcleo e a uma distância menor que um centímetro (SANTINI, 2008). A Figura 19 mostra como é feito o acoplamento magnético.



**Figura 19. Acoplamento magnético**

Fonte: (SANTINI, 2008)

A seguir serão apresentados alguns modelos de *hardwares* necessários para o sistema *RFID*.

## 2.5 Hardware necessário

Como mencionado anteriormente, um sistema *RFID* não se caracteriza por um componente, mas sim por um conjunto de *hardware*. Nesta Seção será apresentada uma pequena amostra dos principais componentes necessários para o funcionamento de um sistema *RFID*.

Na Seção 2.3, foi apresentada a arquitetura da Tecnologia *RFID*, que é composta basicamente pelas *tags*, leitores e *Middleware*. A seguir são apresentados os modelos de *hardware* atualmente comercializados.

Alguns dos modelos de *tags* comercializados pela *Intermec Inc.* (INTERMEC, 2010):

- *Tag* de Transmissão Lateral *IT67 Enterprise*: *tag UHF* passiva para superfícies metálicas, com padrão *EPC Global Gen 2/ISO 18000-6c*;
- Cartões de *ID IT32A*: compatível com *EPC Gen 2* e *ISO 18000-6c*, frequência *UHF*, utilizado como crachá de identificação;
- *RFID Smart Labels*: etiquetas flexíveis com arquitetura versátil, passivas com *96 bits* e padrão *EPC Gen 2* e *ISO 18000-6c*.

Alguns dos modelos de *tags* comercializados pela *RFID Systems* (SYSTEMS, 2010):

- *AcuTag UHF Survivor*: *tag* para aplicações industriais e de logísticas, utilizado em superfícies metálicas, *EPC Classe I Gen 2*, *chip NXP G2XL* com máximo de *240 bits*;
- *AcuTag UHF Cruiser*: desenvolvida para fabricantes de pneus, *EPC Classe I Gen 2*, *chip EPC Impinj Monza 96-bits* ou *EPC NXP UCODE 512-bits*;
- *AcuTag UHF Short Dipole*: desenvolvido para o rastreamento de itens ou pacotes na cadeia de suprimentos, *EPC C1G2*, *chip EPC* de até *240 bits*.

Alguns dos modelos de leitores comercializados pela *Intermec Inc.* (INTERMEC, 2010):

- *IF4*: Interface de comunicação serial (*RS232*), interface aérea com *EPC Global UHF Gen 2* e *ISO 18000-6b*;
- *IF30*: Interface de comunicação *Ethernet IPv4 & IPv6* ou serial, interface aérea com *EPC Global UHF Gen 2*, *ISO 18000-6b* e *ISO 18000-6c*;

- *IF61*: Interface de comunicação *Ethernet*, 802.3 *wired*, opcional 802.11g, interface aérea com *EPC* Global *UHF* Gen 2, *ISO* 18000-6b e *ISO* 18000-6c.

Alguns dos modelos de leitores comercializados pela *RFID Systems* (SYSTEMS, 2010):

- Leitor *UHF Mercury 4*: equipado com processador de rede *Intel IXP4xx*, com memória 64 Mb *DRAM*, 16 Mb *Flash*, interface de comunicação *Ethernet* 10/100 base T, interface aérea *EPC* Classe 0-1, *EPC* Gen 2 e *ISO* 18000-6b / *UCODE* 1.19 Classe 0+ reprogramável;
- Leitor *UHF Astra*: equipado com processador *Intel IXP420 Network*, com 64 Mb *DRAM*, 32 Mb *Flash*, interface de comunicação *Ethernet* 10/100 base T, porta serial *RS-232* e *wireless* 802.11g opcional, interface aérea *EPC* Global Gen 2 (*ISO* 18000-6C) com anti-colisão;
- Leitor *UHFUSB*: Interface aérea *EPC* Global Gen 2 (*ISO* 18000-6C) com anti-colisão, interface de comunicação mini *USB*.

Os equipamentos acima são apenas uma pequena amostra da grande variedade existente no mercado da Tecnologia *RFID*. Além dos dois fornecedores citados, existem vários outros cada um com sua gama de produtos para as mais variadas aplicações.

Na Seção seguinte serão apresentados os padrões e Órgãos reguladores, bem como as normas que regulam as formas e os processos de comunicação da Tecnologia *RFID*.

## 2.6 Padrões e Órgãos Reguladores

Com a grande diversidade de equipamentos existentes utilizando a Tecnologia *RFID*, incluindo os diversos tipos de *tags* e leitores, tornou-se necessário uma padronização. Nesta Seção serão abordados os padrões existentes bem como os Órgãos Reguladores que realizam a padronização da Tecnologia *RFID*.

Além do fato de existir uma variada gama de equipamentos, e de diferentes formas, estes são fabricados também por vários fabricantes. Os primeiros equipamentos lançados pelos fabricantes tinham uma padronização proprietária, tornando a utilização em conjunto com equipamentos de outros fabricantes impossível.

Como citado anteriormente, a *EPC Global Inc.* é uma organização que trabalha na regulamentação do *EPC*, juntamente com a *GS1*, entidade formada em 1969 por membros da *Grocery Manufactures' or Amecira (GMA)* e da *National Association of Food Chains*



(SANTINI, 2008). A colaboração entre as duas entidades tornou possível o controle, desenvolvimento e promoção dos padrões baseados nas especificações do sistema *EPC*.

O sistema *EPC* tem uma estrutura lógica bem básica. A partir do momento que um produto que possui um *EPC*, que é um número único que obedece a determinadas regras, é lido pelo leitor, essa informação é passada ao software (*Middleware*) e podem ser administradas as suas informações como localização, data de vencimento, etc. A Figura 20 mostra a estrutura básica do número *EPC*.



**Figura 20. Estrutura básica do número *EPC*.**

Fonte: (SANTINI, 2008).

O Cabeçalho identifica o comprimento, tipo, estrutura, versão e geração do *EPC*. Já o Número do Gerenciador *EPC*, identifica a entidade responsável por manter as partições subsequentes. A Classe do Objeto, como o próprio nome sugere, identifica classe do objeto e por fim o Número de Série identifica a instância (SANTINI, 2008).

A *EPC Global Inc.* também regularia as diferentes classificações de identificadores, como mostra a Tabela 5. Essas classificações mudaram na medida em que os padrões atuais se desenvolviam e os vendedores faziam sugestões. A Classe 0+, por exemplo, é uma implementação ligeiramente modificada, mas compatível, com a do padrão da Classe 0, que já era oferecida por um determinado fabricante (GLOVER, BHATT, 2007).

**Tabela 5. Classes de identificadores *EPC Global*.**

Classe	Descrição
Classe 0	Passivas, apenas de leitura.
Classe 0+	Passiva, grava uma vez, mas usando protocolos da Classe 0.
Classe I	Passiva, grava uma vez.
Classe II	Passiva, grava uma vez com extras como criptografia.
Classe III	Regravável, semi-passiva ( <i>chip</i> com bateria, comunicações com energia do leitor), sensores integrados.
Classe IV	Regravável, ativa, identificadores “nos dois sentidos”, que podem conversar com outros

	identificadores, energizando suas próprias comunicações.
Classe V	Podem energizar e ler identificadores das Classes I, II e III e ler identificadores das Classes IV e V, assim como atuar como identificadores de Classe IV.

Fonte: (GLOVER, BHATT, 2007)

Segundo (SANTINI, 2008), as *tags* de Classe 0 funcionam na frequência de 900 MHz e são mais utilizadas no gerenciamento da cadeia de suprimentos, como terminais de caixas de supermercados e armazéns. Já as *tags* de Classe I tem o princípio de comunicar um identificador único e outras informações durante o processo de comunicação, elas possuem um identificador único, corretor (*CRC – Cyclic Redundancy Check*) e uma pequena senha (*kill code*). São divididas em três tipos: as com faixa de frequência de 13.56 MHz *ISM Band*, as de 860 a 930 MHz e as de Classe I Gen 2 que são passivas (trabalham por *backscatter*) e são do tipo *ITF (Interrogator-talks-first, interrogador-fala-primeiro)*.

A seguir a Tabela 6 apresenta um comparativo resumindo das funcionalidades entre as *tags* de Classe 0 e Classe I.

**Tabela 6. Comparativo de funcionalidades entre *tags* de Classe 0 e Classe I**

Funcionalidades	Classe 0	Classe I
Ser programada com o <i>EPC</i> .	Apenas de fábrica	Sim
Ser destruída individualmente.	Sim	Sim
Algoritmo anti-colisão, possibilitando ler várias <i>tags</i> .	Sim	Sim
Regulamentação para exposição humana a campos eletromagnéticos.	Sim	Sim
Confiabilidade da leitura, gravação e destruição da <i>tag</i> .	Não	Sim
Produção a custo baixo.	Sim	Sim
As especificações devem ser aplicadas em todas as variedades de <i>tags EPC</i> de <i>HF</i> .	Não	Sim

Fonte: (SANTINI, 2008)

O Algoritmo anti-colisão utilizado, é geralmente uma árvore binária, que é escaneada por um método chamado “*reader talks first*” (leitor fala primeiro). Este protocolo negocia com as *tags*, resolvendo a disputa entre elas, e por tanto, é livre de colisões (SANTINI, 2008).

Ultimamente vem sendo utilizado o termo “Gen 2” com certa frequência. Porém, não se deve confundir com o termo “Classe II”. “Gen 2” é uma abreviação do termo “Classe I Geração 2” que é uma nova classificação para os identificadores de Classe I *UHF* (QUENTAL JR, 2006).

Segundo (EPCGLOBAL, 2010), o padrão “Gen 2” define os requisitos físicos e lógicos para *tags backscatter* passivas onde o leitor fala primeiro (*ITF – Interrogator-talks-*

*first*) utilizando faixa de frequências entre 860 MHz a 960 MHz, compreendendo tanto leitores como *tags*. Neste protocolo foram adicionados três recursos opcionais. Um indicador para mostrar o status da memória do usuário, a adição de dispositivo para proteger o conteúdo da memória do usuário que já foi escrita e a adição de bits de controle de protocolo.

Os leitores e as *tags* também apresentam características que devem possuir, outras que podem possuir e ainda outras que não podem possuir. A Tabela 7 mostra as características dos leitores e a Tabela 8 mostra as características das *tags*.

**Tabela 7. Características dos leitores**

	Características
Devem	Conhecer os requisitos de protocolos; Implementar os comandos principais definidos no protocolo; Modular (transmitir) e demodular (receber) um conjunto suficiente de sinais definidos na camada de sinalização do protocolo.
Podem	Implementar qualquer sub-conjunto de comandos opcionais definidos no protocolo; Implementar todos os comandos proprietários ou próprios, desde que estejam de acordo com o protocolo.
Não devem	Implementar comandos que entrem em conflito com o protocolo; Requerer, usando comandos proprietários ou próprios, as exigências do protocolo.

Fonte: (SANTINI, 2008)

**Tabela 8. Características das tags**

	Características
Devem	Conhecer os requisitos de protocolo; Implementar os comandos principais definidos no protocolo; Modular um sinal refletido ( <i>backscatter</i> ) somente se receber um comando de requisição do interrogador; Estar em conformidade com todas as regulamentações de rádio locais.
Podem	Implementar quaisquer sub-conjuntos de comandos opcionais definidos no protocolo; Implementar quaisquer comandos proprietários ou próprios, desde que estejam de acordo com o protocolo.
Não devem	Implementar comandos que entrem em conflito com o protocolo; Requerer, usando comandos proprietários ou próprios, as exigências do protocolo; Modular um sinal de rádio refletido ( <i>backscatter</i> ) sem este ser sido comandado (requerido).

Fonte: (SANTINI, 2008)

Na Seção seguinte, são apresentados alguns aspectos sobre as padronizações existentes sobre a Tecnologia *RFID*.

## 2.6.1 Normas ISO

A União Internacional de Padronizações (*ISO International Organization for Standardization*) desenvolve os padrões para a Tecnologia *RFID*. Atualmente existem várias normas tanto para a interface aérea (*air interface*), quando para o tipo e tamanho das *tags*.

Segundo (RFID JOURNAL, 2010), a *ISO* desenvolveu normas para a identificação automática e a gestão de itens. Conhecida com série *ISO 18000*, essas normas abrangem o protocolo aéreo para os sistemas que controlam a cadeia de suprimentos. Cobre as frequências mais utilizadas em sistemas *RFID*. A Tabela 9 mostra as normas da série *ISO 18000*.

Na cadeia de suprimentos existe outra variedade de normas já criadas pela *ISO*, como as normas *ISO 17363:2007*, *ISO 17364:2009*, *ISO 17365:2009*, *ISO 17366:2009*, *ISO 17367:2009*, *ISO 18046:2006*, *ISO 18046-3:2007*, *ISO 18185-3:2006* e *ISO 18185-5:2007*, a maioria tratando sobre aplicações de *RFID* na cadeia de suprimentos (ISO, 2010).

**Tabela 9. Normas da série ISO 18000**

Norma	Título	Descrição
18000-1	<i>Generic Parameters for the Air Interface for Globally Accepted Frequencies</i>	Princípios e arquitetura para um padrão <i>RFID</i> .
18000-2	<i>Parameters for Air Interface Communications below 135 KHz</i>	<i>LF</i> , dois tipos de identificadores, anti-colisão opcional; Identificador tipo A: <i>FDX 125 MHz</i> ; Identificador tipo B: <i>HDX 134.2 MHz</i> ; Passivo, acoplamento indutivo.
18000-3	<i>Parameters for Air Interface Communications at 13.56MHz</i>	<i>HF</i> , dois modelos (ambos requerem uma licença do proprietário do <i>IP</i> ); Modo 1: 105.94 <i>kbps</i> do identificador para o leitor; Modo 2: 423.75 <i>kbps</i> do identificador para o leitor; Passivo, ambos usam acoplamento indutivo, <i>FDX</i> .
18000-4	<i>Parameters for Air Interface Communications at 2.45 GHz</i>	Microondas, dois modos; Modo 1: Passivo; Modo 2: Semi-passivo, os identificadores falam primeiro; Passivo, difusão de retorno, <i>HDX</i> .
18000-5	<i>Withdrawn</i>	Retirado (era para 5.8 <i>GHz</i> ).
18000-6	<i>Parameters for Air Interface Communications at 860 to 930 MHz</i>	<i>UHF</i> , três tipos de identificadores; Tipo A: codificação por intervalo de pulso anti-colisão <i>Aloha</i> ;

		Tipo B: codificação Manchester, anti-colisão <i>Binary Tree</i> ; Tipo C: <i>EPC</i> Gen 2; Passivo, difusão de retorno, <i>HDX</i> ; Leitor para identificador usa codificação de espaço bi-fase para ambos os tipos de identificadores.
18000-7	<i>Parameters for Air Interface Communications at 433 MHz</i>	<i>UHF</i> , faixa longa leitura/gravação, ativo, <i>HDX</i> .

Fonte: (GLOVER, BHATT, 2007)

Na padronização de formas, como apresenta (SANTINI, 2008), os *Smart Cards* possuem três padrões diferentes: *ISO 10536* para cartões que operam a uma distância de zero a um centímetro; *ISO 14443* para distâncias de zero a dez centímetros; e *ISO 15693* que operam a distâncias de zero a um metro, também chamados “cartões de vizinhança”.

Na Seção a seguir, serão abordados temas relevantes para uma futura implantação da Tecnologia *RFID*, os custos.

## 2.7 Custos da Tecnologia *RFID*

Um dos assuntos mais visados quando se fala em Tecnologia *RFID* com certeza são os custos. Segundo (RFID JOURNAL, 2005), não é possível fazer uma lista de todos os elementos que cada empresa vai precisar e os custos desses sistemas. Isto se deve ao fato de que os equipamentos mudam de acordo com a finalidade e a área de aplicação.

O custo de um *tag*, por exemplo, depende do seu tipo, de sua frequência, capacidade de memória, etc. De igual forma, os leitores também possuem custos variados dependendo de suas características. No caso das *tags* ainda existe o fator quantidade, ou seja, quanto maior a quantidade adquirida, menor o custo unitário.

A maioria dos fornecedores disponibiliza apenas os modelos para consulta, deixando os custos para uma posterior negociação. A Tabela 10 apresenta o preço praticado atualmente por algumas empresas que disponibilizam seus preços em seus sites.

**Tabela 10. Preços praticados por fornecedores de equipamentos *RFID*.**

Empresa	Equipamento	Preço	Preço Unitário
<i>RFID SOLUTIONS FOR SUPPLY CHAIN MANAGEMENT</i>	<i>Tag Alien Higgs-3 Mixed Sample Pack</i> (pacote com 150 <i>tags</i> ).	\$ 199.00	\$ 1.33
	<i>Tags Alien “G” Higgs-3 IC</i> (rolo com 15000 <i>tags</i> ).	\$ 2,566.00	\$ 1.71

	<i>Reader Alien 9650 Gen2 Reader with Inegrated Antenna (ALR-9650).</i>	\$ 778.23	\$ 778.23
	<i>Reader Impinj Speedway RFID Reader (IPJ-R1000-USA).</i>	\$ 1,950.00	\$ 1,950.00
<i>BUYRFID</i>	<i>Tag Alien Higgs-3 "Squiggle" Tags (ALN-9640) (1000).</i>	\$ 590.00	\$ 0.59
	<i>Tag Alien Higgs-3 "Squiggle" Tags (ALN-9640) (20000).</i>	\$ 2,990.00	\$ 0.15
	<i>Tag Alien Higgs-3 "Squiggle" Tags (ALN-9640) (5000).</i>	\$ 1,290.00	\$ 0.26
	<i>Reader Alien ALR-9650 Reader.</i>	\$ 849.00	\$ 849.00
	<i>Reader Motorola RD5000 Mobile RFID Reader (RD5041-20511).</i>	\$ 3,595.00	\$ 3,595.00

Fontes: <http://www.rfidsupplychain.com/StoreFront.bok>, <http://buyrfid.com/catalog/>

Na Seção seguinte serão apresentadas algumas das aplicações que utilizam a Tecnologia *RFID*.

## 2.8 Aplicações da Tecnologia *RFID*

As aplicações que utilizam a Tecnologia *RFID* são bem variadas. Nesta Seção serão apresentadas algumas das áreas onde um sistema *RFID* é empregado.

Atualmente a Tecnologia *RFID* é utilizada em áreas como *Smart Cards*, identificação humana, na indústria, no transporte, sistemas de segurança, identificação animal, aplicações médicas, etc. A seguir será apresentado algumas das aplicações existentes de algumas das áreas citadas (SANTINI, 2008).

### 2.8.1 Na identificação humana

A aplicação que mais se destaca na área de identificação humana é o controle de acesso, seja a prédios ou em salas específicas. Segundo (SANTINI, 2008), normalmente esses sistemas de controles de acesso se dividem em dois grupos: *on-line* e *off-line*.

Os sistemas *on-line* são caracterizados por terminais conectados a uma central através de rede, onde a entrada das pessoas é autorizada, ou não, pela consulta a um banco de dados a partir de informações lidas de uma *tag*. Já os sistemas *off-line* são caracterizados por terminais que não possuem ligação com um computador central. Esses terminais possuem tabelas de autorização, previamente implantadas. É utilizado em situações onde poucas pessoas tem

acesso a uma determinada sala. O *transponder* também possui uma tabela com as autorizações possíveis para acesso, que é comparado no momento da leitura com o terminal da sala em questão.

Sistemas de bilhetagem também é uma aplicação utilizada para a identificação humana. Na Copa do Mundo de 2006 foi utilizado cartões de acesso aos estádios que continham *chips RFID* para evitar falsificações e a ação de cambistas. Na área médica, são utilizados *chips* implantados em humanos, o que facilita a consulta dos dados do paciente, tornando-as disponíveis rapidamente. Em eventos esportivos, as *tags* são aplicadas no cadarço dos corredores para saber com exatidão o seu tempo.

## 2.8.2 Na indústria

No setor industrial, a Tecnologia *RFID* tem várias aplicações. Segundo (SANTINI, 2008), a identificação de ferramentas é muito utilizada em grandes indústrias, onde facilita o seu processo de manutenção, substituição e administração. A identificação de recipientes também pode utilizar a Tecnologia *RFID*, tem um papel de segurança nas embalagens e garrafas e principalmente em produtos químicos e gases. Atualmente a maioria dos sistemas de controle de recipientes utiliza código de barras. Entretanto, para essa aplicação, o uso de sistemas com códigos de barras não é confiável o suficiente.

Devido ao custo e o crescente rigor nas legislações ambientais, a Tecnologia *RFID* pode ser adotada na eliminação do lixo. Pode ser utilizado para cálculo automático de quantidades, manutenção dos aterros sanitários, etc. Já existem sistemas *RFID* para controle do lixo, onde as *tags* são fixadas nas latas de lixo e os caminhões são equipados com leitores.

## 2.8.3 Nos transportes

O transporte público é uma das principais áreas de atuação dos sistemas *RFID*, principalmente com o uso de *Smart Cards*. Segundo (SANTINI, 2008), as empresas de transporte público tem enormes gastos com falsificações de *tickets*, no caso de serem de papel. Um sistema de gerenciamento de bilhetes deve preencher expectativas como resistência a desgastes, rapidez na escrita e leitura, além de ser rápido de usar. Outra grande vantagem para os passageiros é que não necessitam andar com dinheiro e nem se preocupar com o troco,

já que os cartões podem ser carregados com qualquer quantia, não necessitando saber qual o preço da passagem.

Além do transporte público das cidades, as passagens de aviões, ônibus, navios, trem, etc., também podem fazer uso da Tecnologia *RFID*.

No Capítulo seguinte será abordado o Sistema de Gerenciamento de Armazens (*WMS – Warehouse Management Systems*), uma das áreas onde a Tecnologia *RFID* pode ser empregada em grande escala. Entretanto seu uso ainda não vem sendo utilizado de acordo com as expectativas, como no *software FullWMS* da *FullSoft*, onde a sua utilização poderá trazer uma melhora aos processos e agregar valor ao *software*.



### **3 Sistemas de Gerenciamento de Armazens (*WMS – Warehouse Management Systems*)**

Neste Capítulo será apresentada uma visão geral dos conceitos básicos sobre logística e uma visão geral sobre o Sistema de Gerenciamento de Armazens (*WMS*). Será apresentado também o sistema *FullWMS*, Sistema de Gerenciamento de Armazens da *FullSoft*, que servirá de estudo de caso para este trabalho no Capítulo 5.

#### **3.1 Visão geral de logística**

Segundo (NOVAES, 2007), a origem do conceito de logística está essencialmente ligada às operações militares. Quando os generais decidiam avançar suas tropas seguindo uma determinada estratégia militar, ordenavam a uma equipe para que providenciasse o deslocamento de munição, víveres, equipamentos e socorro médico para o campo de batalha, na hora certa. Os grupos logísticos militares trabalhavam em silêncio e na retaguarda, por se tratar de um serviço de apoio e sem o prestígio das batalhas ganhas.

De forma semelhante, nas empresas isso ocorreu durante um longo período de tempo. As indústrias precisam providenciar e armazenar matéria-prima em quantidade suficiente para garantir suas metas de produção, e por razões de descontinuidade do ritmo de produção e demanda, precisa manter estoque de produtos acabados. Até então essas operações eram vistas pelos executivos como atividades que não agregavam nenhum valor ao produto, era apenas tratada como um simples centro de custo, sem implicações estratégicas e de geração de negócios.

Ocorre que a maioria das indústrias surgiu em torno do processo de fabricação dos produtos, no chão de fábrica. Segundo (NOVAES, 2007), isso pode ser observado ainda hoje, nos cursos de Engenharia de Produção, que em sua maioria, focalizam predominantemente o processo de fabricação industrial. Este cenário ainda colabora para que algumas empresas considerem as atividades logísticas como algo secundário na organização empresarial.

Um ponto importante no processo produtivo é o distanciamento espacial, tanto entre a indústria e os mercados consumidores, quanto entre a fábrica e os pontos de origem das matérias-primas e dos componentes necessários a fabricação dos produtos. Outro aspecto é o deslocamento que o produto acabado deve fazer tão logo esteja pronto para o consumo. O transporte do produto, da fábrica ao depósito, deste à loja, e desta ao consumidor final, acaba por agregar mais valor aos produtos.

A logística empresarial evoluiu muito nos últimos tempos. A logística moderna procura eliminar do processo tudo que não tenha valor para o cliente, ou seja, tudo que acarrete somente custo e perda de tempo. A logística envolve também elementos humanos, materiais (prédios, veículos, equipamentos, computadores), tecnológicos e de informação. Aperfeiçoa os recursos, buscando o aumento da eficiência e a melhoria dos níveis de serviço ao cliente, bem como a redução contínua dos custos (NOVAES, 2007).

### 3.1.1 Definição de logística

A logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, a movimentação e o armazenamento de materiais, peças e produtos acabados por meio da organização, de modo a poder maximizar as lucratividades presentes e futuras com o atendimento dos pedidos a baixo custo (GOMES; RIBEIRO, 2004).

As finalidades da logística são: ter insumos corretos, na quantidade correta, com qualidade, no lugar certo, no tempo adequado, com método, preço justo e com boa impressão; e ajudar a aumentar o grau de satisfação do cliente (GOMES; RIBEIRO, 2004).

Uma visão rápida sobre a evolução da logística pode ser vista na Tabela 11, onde mostra as suas cinco eras.

**Tabela 11. Eras da logística**

Era	Período	Descrição
Primeira	Início do século XX	Preocupação com o escoamento da produção agrícola (Era do campo ao mercado).
Segunda	1940 a 1960	Grande influência militar, preocupação com a movimentação de materiais, principalmente armazenamento e transporte de bens (Era das funções segmentadas).
Terceira	1960 a 1970	Visão integrada, incluindo custo total e abordagem de sistemas, foco mais amplo, transportes, distribuição, armazenagem, estoque e manuseio de materiais (Era das funções integradas).
Quarta	1970 a 1980	Ressaltando produtividade e custos de estoques, incluída no ensino nos cursos de Administração de Empresas (Era do foco no cliente).
Quinta	Atualidade	Globalização, tecnologia da informação, responsabilidade social e a ecologia (Era da logística como elemento diferenciador).

Fonte: (GOMES; RIBEIRO, 2004).

Com as grandes exigências de tempo, qualidade, agilidade, etc. surgem necessidade de rapidez no controle dos estoques, processos, custos, etc. Os sistemas de informações são uma alternativa para gerenciar esse grande fluxo de informações necessárias para garantir as qualidades necessárias no processo logístico.

Na Seção seguinte será apresentada uma visão geral sobre os Sistemas de Gerenciamento de Armazens (*WMS – Warehouse Management Systems*).

### **3.2 Visão geral do Sistema de Gerenciamento de Armazens (WMS)**

Após a fabricação dos seus produtos, uma indústria necessita, muitas vezes, armazenar os produtos prontos para depois serem distribuídos aos seus clientes, os varejistas. De igual forma, muitas empresas compram produtos de diversos fornecedores e necessitam armazená-los para suas vendas, programadas ou não. Dependendo do volume e da quantidade de produtos, é necessário utilizar grandes Centros de Distribuição (*CD*), também conhecidos como armazéns, para realizar a armazenagem desses produtos.

Os sistemas manuais para controle de estoques que utilizavam fichas para anotar as entradas, saídas e locais onde foram armazenados os produtos, estão sendo substituídos por sistemas informatizados graças à evolução tecnológica e o apoio de profissionais da área de TI. Coletores de dados com leitor de códigos de barras e interligados via rede *wireless* facilitam a identificação dos produtos e a atualização *on line* dos estoques bem como o registro de todas as suas movimentações e quem as fez (GOMES; RIBEIRO, 2004).

Normalmente os estoques dentro de um *CD* são dispostos num *layout* apropriado, como porta paletes, como vistos na Figura 21 e na Figura 22, observando suas características.



**Figura 21. Visão de um centro de distribuição**

Fonte: (BERTOLINI, 2009)





**Figura 22. Estruturas porta paletes**

Fonte: (BERTOLINI, 2009)

Na Seção seguinte serão apresentados alguns dos principais conceitos sobre o gerenciamento de armazéns.

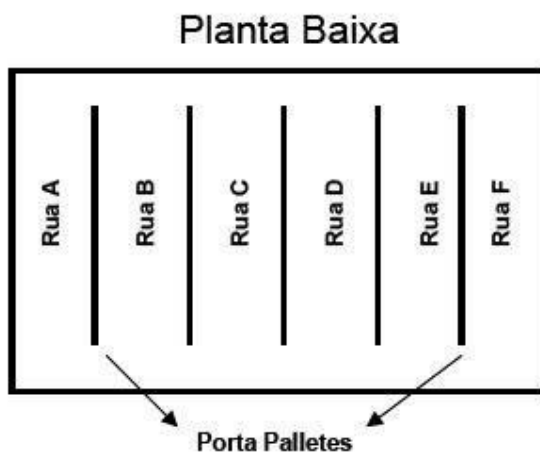
### 3.3 Conceitos básicos

Nesta Seção serão apresentados os conceitos de endereçamento, áreas de movimentação, regiões de armazenagem, regiões de separação e endereços de *picking*, que fazem parte dos processos realizados no gerenciamento dos armazéns.

#### 3.3.1 Endereçamento

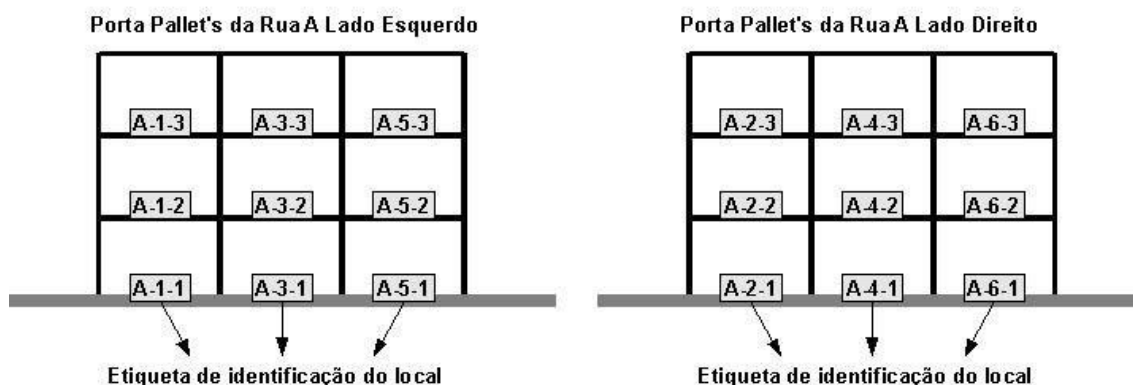
A organização dentro de um armazém é muito semelhante ao endereçamento utilizado para as nossas residências. Leva em conta as ruas, prédios, andares e apartamentos. Isto serve para endereçar cada local de armazenagem sendo possível registrar qual produto foi armazenado. Tendo essas informações armazenadas no sistema, facilita o processo de separação física (BOMBANA, 2010).

A Figura 23 mostra a planta baixa da disposição das ruas dentro de um centro de distribuição e a Figura 24 mostra uma visão lateral de um porta palete endereçado.



**Figura 23. Exemplo da distribuição das ruas de um centro de distribuição**

Fonte: (BOMBANA, 2010)



**Figura 24. Exemplo de endereçamento nos porta paletes**

Fonte: (BOMBANA, 2010)

### 3.3.2 Áreas de movimentação

São áreas onde as mercadorias ficam provisoriamente depositadas, aguardando uma operação ser realizada, como por exemplo, as docas de expedição, onde as mercadorias são depositadas e ficam aguardando o transporte para serem expeditas. Essas áreas também necessitam ser identificadas dentro de centro de distribuição (BOMBANA, 2010).

### 3.3.3 Região de armazenagem

São agrupamentos de endereços de armazenagem que são utilizados para estocar mercadorias com as mesmas características, evitando assim que mercadorias como alimentos e produtos de limpeza sejam armazenados próximos uns dos outros (BOMBANA, 2010).

### 3.3.4 Regiões de separação

São agrupamentos de endereços com a finalidade de distribuir a separação de um pedido entre vários colaboradores, um para cada região de separação, a fim de aumentar a produtividade e facilitar o processo de conferência e expedição (BOMBANA, 2010).

### 3.3.5 Endereços de *picking*

Os endereços de primeiro nível, mais próximos ao chão, são chamados de endereços de *Picking*<sup>1</sup>, onde são armazenadas as mercadorias em quantidade suficientes para atender a demanda de separação por no mínimo um dia. Quanto maior a quantidade da mercadoria no *picking* menor será o número de ressuprimentos, que é o processo de retirar essa mercadoria armazenada nos endereços mais elevados para colocar no *picking*. O processo de ressuprimento tem um custo muito alto, já que o armazém está com um *layout* verticalizado para armazenagem de mercadorias, e, portanto, sendo necessária a utilização de empilhadeiras para baixar os paletes armazenados (BOMBANA, 2010).

Na Seção seguinte será apresentado o *FullWMS*, Sistema de Gerenciamento de Armazens da *FullSoft*.

## 3.4 Sistema *FullWMS* da *FullSoft*

A *FullSoft Informática Ltda*, empresa sediada em Caxias do Sul, iniciou o desenvolvimento do *software FullWMS* em 2006 e vem trabalhando constantemente no seu aperfeiçoamento. Atualmente o *software* tem uma camada de interface *WEB* com o usuário, desenvolvida em *Adobe Flex Builder*, uma camada de acesso a banco via *Web Service* escrita em *C#* e um repositório no banco de dados *Oracle*, onde ficam todas as regras de negócio.

O *software FullWMS* ainda utiliza coletores de rádio frequência, que interage com o *software* por meio de chamadas ao *Web Service*, para que os colaboradores possam executar suas tarefas como armazenar, separar, reabastecer, etc. Esses coletores fazem as leituras dos códigos de barras dos itens, endereços de armazenagem, endereços de *picking*, de áreas de movimentação, etc. e informa ao colaborador o que deve ser feito.

Para o *FullWMS* funcionar corretamente é necessário ajustar os parâmetros do *software* para atender as características e peculiaridades da operação a qual o *FullWMS* irá gerenciar, bem como configurar cada item que o *software* irá controlar. Existem ainda configurações que devem ser realizadas quanto ao trabalho de cada colaborador, chamada de Capacitação de Colaboradores. Ela define exatamente quais as atividades e em que prioridade o colaborador deve trabalhar. Isto é o princípio de convocação ativa, ou seja, o colaborador

---

<sup>1</sup> *Picking* é o termo utilizado para identificar o endereço, dentro de um centro de distribuição, onde uma mercadoria deve ser retirada ou separada.



não escolhe em que vai trabalhar, mas sim o *software* é quem determina qual a tarefa a ser executado, dependendo de sua prioridade. Pode-se ainda configurar em qual região de separação e área de movimentação que o colaborador vai atuar.

O *layout* do Centro de Distribuição (*CD*) é peça chave na configuração do *software*. Ele define todo o endereçamento, posições de *picking* e áreas de armazenagem. Com base nesse endereçamento, é possível executar todas as operações relativas ao gerenciamento do armazém. Essa configuração permite gerenciar as ruas, prédios, locais de armazenagem e locais de *picking*.

O *software FullWMS* trabalha em conjunto com *ERP* de onde é feita a integração dos dados, como itens, transportadoras, pedidos, etc. O início do processo começa com a integração dos dados cadastrais básicos, ou seja, transportadoras, itens, códigos de barras dos itens, etc. Com isso já é possível iniciar o processo de parametrização do *software*.

O *FullWMS* gerencia todos os principais processos necessários ao gerenciamento do armazém, como recebimento, armazenagem, ressuprimento, separação, conferência, expedição e inventários. A Figura 25 mostra uma das telas do *FullWMS*.

The screenshot displays the 'Manutenção de tarefas' interface. At the top, there are search and filter options. Below, various filters are set, including 'Centro dist.: \* 1' (FULLSOFT), 'Tipo tarefa', 'Colaborador', 'Tipo: Todas', 'Período: 01/04/2010 00:00 até 21/11/2010 23:59', and 'Ordem: Tarefa'. A table lists tasks, with the first row highlighted:

Tarefa	Tipo	Onda	Data inicial	Data final	Item	O1
4066912	SEPARACAO MANUAL	45044	30/06/2010 15:04:22	30/06/2010 15:04:22	2320.004	1-1-1-4
4066913	SEPARACAO MANUAL	45044			3041.011	2-1-1-1

Below the table, a large text label reads 'LIMA DIAMANTADA i TRIANGULO 5X200'. To the right, it says 'Total Tarefas : 75'. At the bottom, a 'Sub tarefas' table provides more detail for the selected task:

Sub tarefa	Colaborador	Qtd.	Data inicial	Data final	Unitizador	Alerta
1	RAFAEL	2	30/06/2010 15:04:22	30/06/2010 15:04:22	100052880	

**Figura 25. Tela de manutenção de tarefas do *FullWMS***

O recebimento envolve todas as atividades antes da entrada dos itens no *CD*, desde a identificação, conferência das quantidades, registro de validade e de lote. O *FullWMS* recebe

via integração do *ERP* as informações relativas aos itens que devem ser recebidos. O recebimento das mercadorias é feito através de conferência cega, onde o colaborador apenas confere as quantidades e informa ao *software* pelos coletores de dados, que informa se houve divergências com as quantidades esperadas.

Após a conferência dos itens no recebimento e montagem dos paletes com sua identificação, esses já estão prontos para serem armazenados no *CD*. Pelo coletor de dados, o colaborador lê o código de barras do paleta, afixado no recebimento e o *FullWMS* apresenta um endereço de destino disponível, para onde o colaborador deve levar o paleta, levando em considerações as características do item que está no paleta, sua região de armazenagem, proximidade do *picking*, etc. Ao chegar ao local, o colaborador é obrigado a ler o código de barras do endereço para que o *FullWMS* registre a operação como realizada no endereço correto, inserindo o estoque do item correspondente que está no paleta.

O ressuprimento serve para abastecer os *pickings* dos itens, de onde são feitas as separações. Na medida em que as separações são realizadas, a quantidade do item tende a acabar, ou a atingir um nível mínimo definido na configuração. Quando ocorre isto é disparado automaticamente tarefas de ressuprimento para que os *pickings* sejam reabastecidos até o máximo que está definido na sua configuração.

Crítérios como *FEFO* (*First-Expire, First-Out*), *FIFO* (*First-In, First-Out*), entre outros, são levados em consideração no momento em que o *FullWMS* gera as tarefas de ressuprimento para abastecer o *picking* dos itens. Pode ser programado para períodos do dia onde não há muitas separações, evitando o acúmulo de tarefas para o momento de pico da operação do *CD*.

O *FullWMS* recebe do *ERP* pela integração, os pedidos com os itens que devem ser separados. Após a geração da onda, as tarefas de separação das mercadorias já estão disponíveis para serem executadas. As tarefas são agrupadas por pedido e por região de separação para um maior controle da operação. Ao encerrar todas as tarefas de separação da sua região, o *FullWMS* informa qual a área de movimentação que o colaborador deve levar os itens que acabou de separar.

O processo de conferência pode ser realizado por *checkout* ou pelo coletor e até antes mesmo de terminar toda a separação do pedido. Após a conferência dos itens é impressa as etiquetas de volumes com as informações do pedido, número do volume, etc. e em alguns casos até o conteúdo do volume.

Neste momento o *FullWMS* devolve ao *ERP*, pela integração, as informações dos pedidos que foram separados e conferidos para que seja emitida a nota fiscal dos mesmos, para que possa ser despachados aos destinatários.

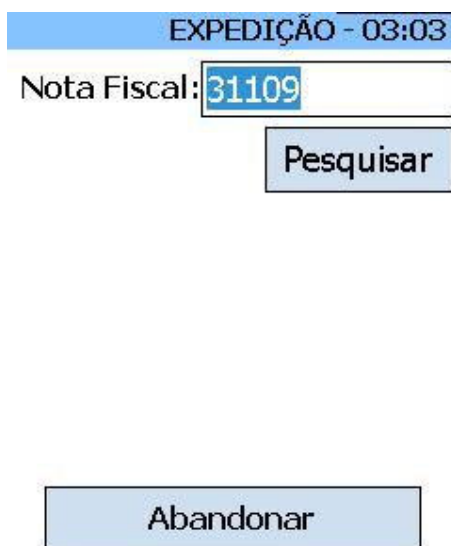
Depois de embalados e etiquetados os volumes são armazenados esperando o momento da expedição.

### 3.4.1 Expedição de volumes

O processo de expedição é realizado somente após todos os pedidos, de uma determinada carga montada para uma transportadora, terem sido conferidos e a nota fiscal correspondente ter sido emitida.

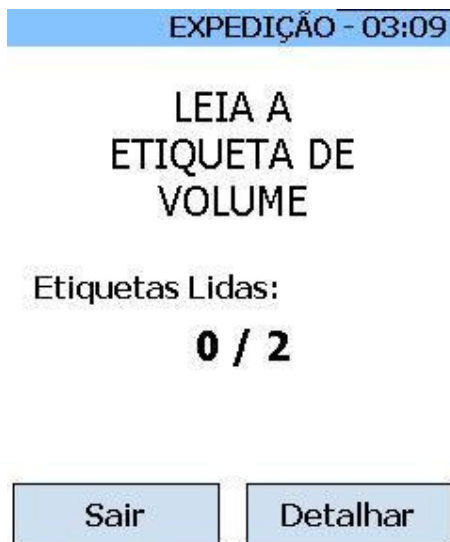
De posse da nota fiscal, os colaboradores habilitados a realizarem as tarefas de expedição, informam o número da nota fiscal no coletor de dados e são apresentadas as informações dos volumes que devem ser entregues a transportadora indicada na nota, como mostra a Figura 26 e a Figura 27.

O colaborador lê o código de barras da etiqueta do volume, impressa anteriormente na conferência, e o *FullWMS* registra que o volume lido foi expedido, e, portanto, entregue a transportadora. O *FullWMS* avisa o coletor caso falte ler algum volume referente à nota fiscal informada.



The image shows a software interface for a data collector. At the top, there is a blue header bar with the text "EXPEDIÇÃO - 03:03". Below this, the text "Nota Fiscal:" is followed by a text input field containing the number "31109". To the right of the input field is a button labeled "Pesquisar". Below these elements is a larger button labeled "Abandonar".

**Figura 26.** Tela do coletor para informar a nota fiscal



**Figura 27. Tela do coletor para leitura de volumes**

Fonte: (BOMBANA, 2010)

O processo do inventário é realizado sempre que seja necessária uma averiguação física do estoque ou em momentos previamente programados.

No *FullWMS*, o inventário pode ser feito de forma manual ou por endereço e de forma automática por itens. Na forma manual ou por endereço, os colaboradores habilitados para realizar as tarefas de inventários percorrem os endereços no *CD* de forma previamente convencionada. O *FullWMS* registra a contagem e dispara automaticamente uma nova contagem para outro colaborador habilitado, para fazer novamente a contagem no mesmo endereço para o mesmo item. Se as quantidades forem divergentes, uma nova contagem é gerada para um terceiro colaborador. O *FullWMS* considera a contagem como correta somente se existirem duas contagens iguais de dois colaboradores diferentes para fazer o ajuste necessário ao estoque.

Na Seção seguinte será apresentado os principais problemas que atualmente ocorrem no processo de expedição de volumes do *FullWMS*.

### 3.4.2 Problemas na expedição de volumes do *FullWMS*

Hoje no *FullWMS* é possível fazer a expedição dos volumes com a tecnologia de código de barras, através de coletores de dados, onde o colaborador informa o número da nota fiscal e inicia a leitura dos códigos de barras dos volumes.

Devido a grande quantidade de volumes que se acumulam na expedição, eventualmente ocorre a perda temporária de um ou mais volumes, por terem sido armazenados em lugares incorretos. Isso demanda tempo para a localização ocasionando atrasos e insatisfações.

Também devido a grande quantidade de volumes de uma mesma transportadora, muitas vezes, para se economizar tempo, a leitura dos códigos de barras dos volumes não é realizada, ficando a conferência totalmente visual.

Outro problema comum é a troca de volumes após a leitura do código de barras do volume. Isso se dá muitas vezes por falta de espaço físico para a expedição, onde são feitas varias leituras antes mesmo do embarque propriamente dito.

Na Seção seguinte será abordada a necessidade de complementação do *software FullWMS* na conferência de volumes da expedição.

### 3.4.3 Necessidade de complementação do *software FullWMS*

As necessidades de complementação do *software FullWMS* foram analisadas somente do ponto vista dos aspectos da expedição dos volumes para garantir a entrega correta dos volumes às transportadoras.

Como visto na Seção 3.4.2, os problemas na expedição de volumes ocorrem devido ao grande quantidade de volume que devem ser lidos por meio da tecnologia de código de barras. Uma alternativa para resolver estes problemas seria a utilização da Tecnologia *RFID* para controlar a expedição dos volumes, onde cada volume seria identificado com uma *tag RFID* e seriam lidos por meio de leitores *RFID*.

No Capítulo 4, será apresentado um protótipo para a utilização da Tecnologia *RFID* e seus conhecimentos servirão de base para uma alternativa a ser empregada no *software FullWMS*, que será apresentado no Capítulo 5.

## 4 Desenvolvimento do protótipo

Neste Capítulo será apresentado o modelo de um protótipo para a aplicação da Tecnologia *RFID*, utilizando alguns dos componentes de *hardware*, apresentados no Capítulo 2.

Na Seção seguinte, será apresentado a definição e o escopo do protótipo a ser desenvolvido.

### 4.1 Definição e escopo do protótipo

A utilização da Tecnologia *RFID* em uma aplicação qualquer deve partir do princípio da captura das informações das *tags* por meio de leitores e antenas, e efetuar o devido tratamento dessas informações para os objetivos fins. Entretanto, se um usuário desejar realizar esse processo, deverá ter disponível uma ferramenta que possibilite esses procedimentos.

Essa ferramenta de que o usuário necessita, deverá utilizar meios para interagir com a Tecnologia *RFID*, para que, através de acesso aos leitores, possa capturar as informações das *tags* colhidas pelas antenas e filtradas pelo *Middleware*. De posse dessas informações, a ferramenta, deverá armazená-las de forma específica para ser tratada posteriormente por outras ferramentas.

A maneira mais rápida de um aplicativo interagir com o *hardware* da Tecnologia *RFID* é fazer uso de bibliotecas fornecidas pelos próprios fabricantes. Entretanto, devido à grande variedade de *hardwares* existentes, uma aplicação, para ser versátil, necessitaria realizar um tratamento para todos esses equipamentos, atendendo todas as diferenças de tecnologia e peculiaridades, o que se tornaria uma tarefa muito complexa. Para isso surgiram os *frameworks* que formam uma camada de *software* superior às bibliotecas dos fabricantes, padronizando assim, diversas funções para acessar os equipamentos. Assim, uma aplicação precisa interagir diretamente apenas com os *frameworks*, que se encarrega de fazer o acesso

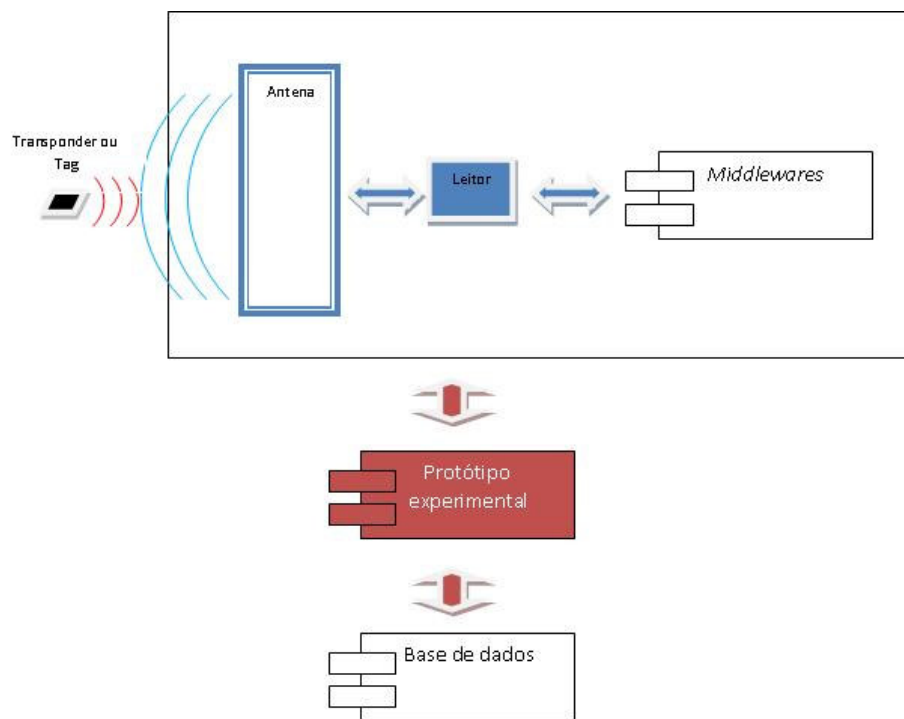
propriamente dito aos equipamentos em questão. Da mesma forma as bibliotecas desenvolvidas pelos fabricantes, já são disponibilizadas de forma padronizada para que possam ser adaptadas aos *frameworks* para facilitar a utilização.

À medida que as antenas vão capturando as informações das *tags*, essas informações são tratadas pelo leitor e *Middleware* e podem ser acessadas por outros aplicativos, através de funções das bibliotecas. As aplicações que desejam fazer uso das informações coletadas devem fazer chamadas a essas funções, onde terão retorno das informações para o devido tratamento, como por exemplo, guardar em um banco de dados.

O modelo do protótipo que será apresentado fará uso da Tecnologia *RFID* para obter informações coletadas das *tags* ou *transponder*, disponibilizados por leitores equipados com antenas. O *Middleware* não será utilizado neste protótipo, pois se trata de uma ferramenta proprietária de alto custo. Segundo (RFID JOURNAL, 2006) há uma grande tendência de essa ferramenta desaparecer do mercado. Como possui um alto valor agregado e uma grande complexidade, os fabricantes de *hardware*, estão incluindo um *Middleware* mais simples e específico em seus leitores. Para os fabricantes é um excelente negócio, pois além de agregar valor ao seu produto, não tanto quanto o de um *Middleware* de mercado, ainda dispensa a compra desse *Middleware* por parte de seus clientes, viabilizando assim mais negócios.

Apesar de existirem ferramentas *Middlewares Open Source*, como o desenvolvido pela empresa *Pramari*, esses geralmente não atendem a grande variedade de *hardware RFID* existentes no mercado (PRAMARI, 2010).

A Figura 28 mostra o escopo em que o protótipo será desenvolvido e como ele fará a ligação com os outros componentes citados.



**Figura 28. Escopo do protótipo**

O protótipo será desenvolvido como uma ferramenta auxiliar para coleta de informações, no formato de bibliotecas (*DLL*), fazendo o papel de um *Middleware*, fazendo a integração de dois sistemas diferentes, porém não terá a arquitetura de um *Middleware RFID*. Irá acessar os leitores, através de protocolos de interface em *XML*. As informações coletadas serão basicamente os códigos *EPC* contidos nas *tags*. Os dados coletados poderão ser tratados posteriormente por sistemas corporativos. No Capítulo 5 será abordado com mais detalhes a utilização dessas informações no estudo de caso, onde será utilizado o protótipo desenvolvido, como base em uma futura integração com o *FullWMS*, sistema de gerenciamento de armazéns da *FullSoft*.

Terá suporte para dois tipos de leitores, *Symbol* e *Intermec*, com as mesmas funcionalidades. Entretanto somente o tipo *Symbol* será implementado no protótipo, pois somente o *hardware* desse fornecedor está disponível para testes e validações. Cada leitor vai possuir uma lista das *tags* que foram capturadas, além de informações necessárias ao gerenciamento das capturas, bem como funções para manipulação das *tags* coletadas. O protótipo vai armazenar as informações básicas das *tags* como código *EPC*, data e hora da captura, leitor que efetuou a captura.



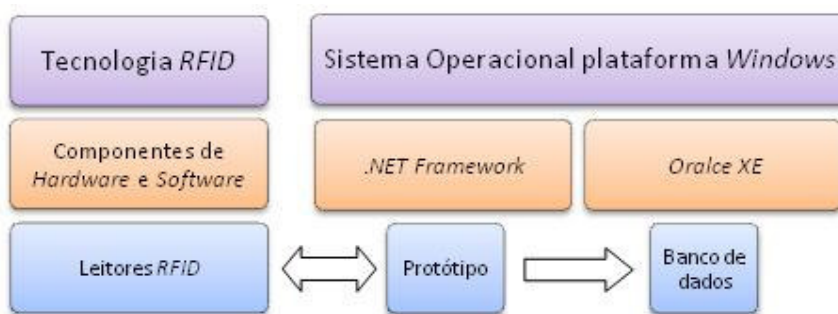
Será desenvolvida uma interface gráfica no ambiente *Windows Form*, para demonstrar as funcionalidades do protótipo. Uma tela onde será possível ver o status e os códigos *EPC* que foram capturados. Na medida em que as *tags* vão sendo listadas, também serão armazenadas em um banco de dados, para simular uma situação real de tratamento dos dados. Também vai possuir uma interface para configurações dos leitores e para o acesso a base de dados.

Na Seção seguinte, será apresentada a arquitetura de software sob a qual o protótipo irá ser executado.

## 4.2 Arquitetura de software

Como mencionado anteriormente, o protótipo será desenvolvido com uma interface gráfica na plataforma *Windows* utilizando componentes do *.NET Framework* e Sistema Operacional da plataforma *Windows*. As informações coletadas dos leitores, os códigos *EPC*, serão armazenados em um banco de dados *Oracle XE* em estrutura apropriada, também na plataforma *Windows*. As informações serão coletadas diretamente dos leitores, como mostra a Figura 29.

Esta arquitetura de software foi escolhida devido a grande maioria das bibliotecas disponibilizadas pelos fabricantes, já estarem desenvolvidas sob estas plataformas, ou seja, *Windows* e *.Net Framework*.



**Figura 29.** Arquitetura de software do protótipo

Na Seção seguinte serão apresentados os componentes de *hardware* necessários para o desenvolvimento e funcionamento do protótipo.

### 4.3 Componentes de *hardware*

O *hardware* que será utilizado para o funcionamento do protótipo foi cedido como demonstração para testes, pela empresa *Automatech Sistemas de Automação Ltda*, especializada no ramo de automação comercial e atualmente sediada em Porto Alegre, com filiais em Caxias do Sul e Pelotas. A *Automatech* comercializa produtos de automação comercial, coleta de dados e suprimentos. Possui alguns *cases* em parceria com a *FullSoft* e já tem *cases* com a Tecnologia *RFID* com outros clientes.

Será utilizado um leitor *RFID* da marca *Symbol* modelo *XR440*, possui sistema operacional *WIN CE 4.2*, memória *flash* de 64 *MB* e *DRAM* de 64 *MB*. Equipado com interface para conectividade *Ethernet*, *USB* e *RS232*. Trabalha com faixa de frequência *UHF* de 902-928 *MHz*, protocolo *EPC GEN 1* e *GEN 2*. Possui protocolo de interface em *XML* e *Byte Stream*. Com o leitor *RFID*, acompanha uma antena da marca *ANDREW (RFID-900-SCA) dual CP* na faixa de frequência *UHF* de 902-928 *MHz*, fonte de energia e cabos antenas *RFID LMR240 180°*.

As *tags* que serão utilizadas são do tipo *Smart Label KSW-NN-MonzIA-U001-1sp-G* 96mm x 96mm, do tipo *Class 1 GEN 2* de 96 *bits*, na faixa de frequência de 868 *MHz* (*Europe*) e 915 *MHz* (*US*).

O protótipo vai ser executado em um *notebook* para demonstração e apresentação de suas funcionalidades. Na Figura 30 é apresentada uma ilustração dos equipamentos utilizados no protótipo.



**Figura 30. Equipamento utilizado no protótipo**

Na Seção seguinte será apresentado os requisitos de *software* para a implementação do protótipo.

#### **4.4 Requisitos de *software* para implementação**

O protótipo será desenvolvido na linguagem *C#* do *.NET Framework 3.5*, utilizando o ambiente de desenvolvimento do *Microsoft Visual Studio 2008*. O banco de dados que será utilizado para armazenar as informações lidas será o *Oracle Database 10g Express Edition* e o sistema operacional será o *Microsoft Windows XP*.

O *.NET Framework* é um componente integrante do *Windows* que oferece suporte à criação e execução da próxima geração de aplicativos e Serviços *XML* da *Web*. Possui dois componentes principais: o *CLR (Common Language Runtime)* e a biblioteca de classes (MICROSOFT, 2010).

O *Oracle Database 10g Express Edition* é uma versão básica simplificada do banco de dados, baseada no código do *Oracle Database 10g Release 2* para desenvolvimento, implementação e distribuição gratuitos (ORACLE, 2010).

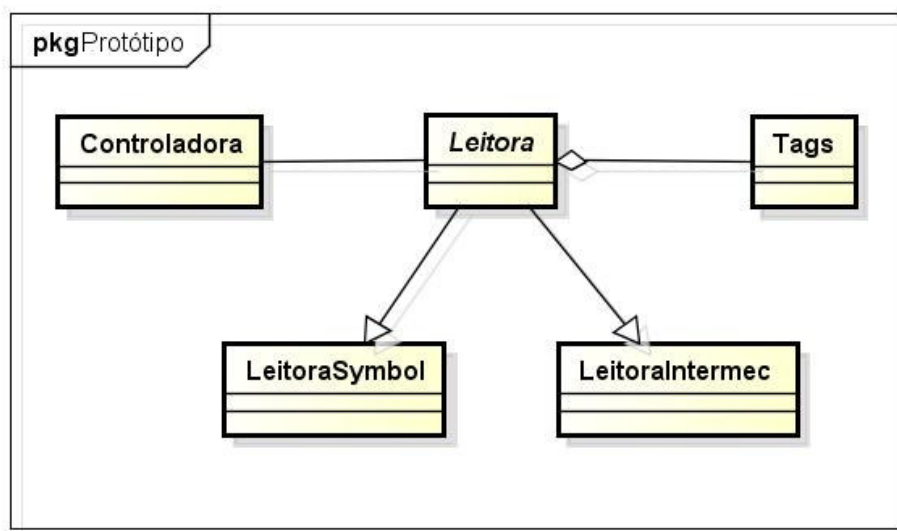
Na Seção seguinte serão apresentados os passos para a implementação do protótipo.

#### **4.5 Implementação do protótipo**

Nesta Seção serão abordados os passos para o desenvolvimento do protótipo para utilizar a Tecnologia *RFID*. No ANEXO A encontra-se o código fonte do principal trecho de código.

##### **4.5.1 Modelo de domínio do protótipo**

Com base na Seção 4.1, onde é apresentada a definição e o escopo do protótipo, foram identificadas as classes conceituais que irão fazer parte do Modelo de Domínio apresentado na Figura 31.



**Figura 31. Modelo de domínio do protótipo**

Levando-se em consideração o Modelo de Domínio apresentado, a seguir serão apresentados os requisitos funcionais.

#### 4.5.2 Requisitos funcionais do protótipo

Na Tabela 12 são apresentados os requisitos funcionais identificados.

**Tabela 12. Requisitos funcionais**

Requisito	Descrição
RF00	Gerenciar o protótipo.
RF01	Cadastrar configurações.
RF02	Iniciar a leitura das informações dos leitores <i>RFID</i> .
RF03	Capturar as <i>tags</i> .
RF04	Listar as informações das <i>tags</i> coletadas.
RF05	Armazenar as informações coletadas no banco de dados.
RF06	Parar a leitura das informações dos leitores <i>RFID</i> .
RF07	Consultar as <i>tags</i> armazenadas no banco de dados.

Na Seção seguinte será apresentado o Modelo de Caso de Uso utilizado para o desenvolvimento do protótipo.

### 4.5.3 Modelo de caso de uso do protótipo

Analisando o Modelo de Domínio apresentado na Figura 31 e os Requisitos funcionais apresentados na Tabela 12, foram identificados os casos de uso que farão parte do protótipo como mostra a Figura 32.

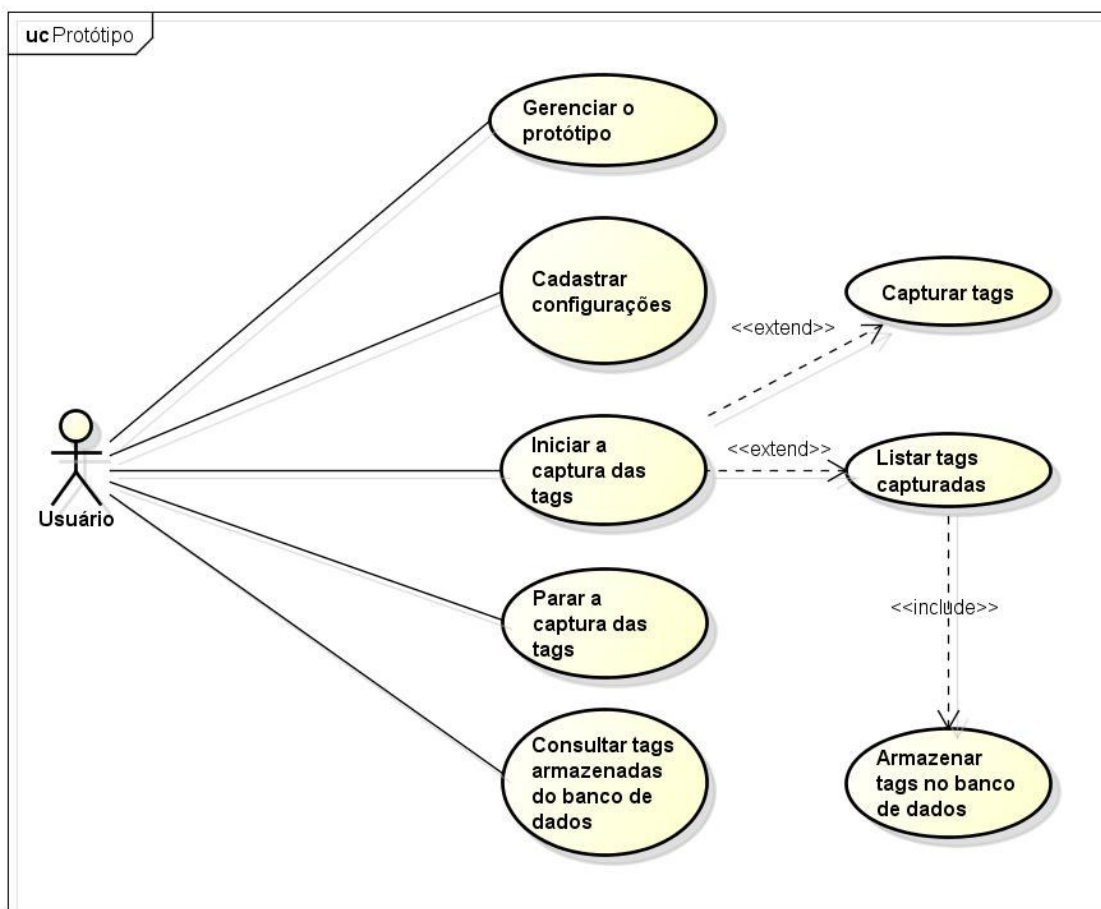
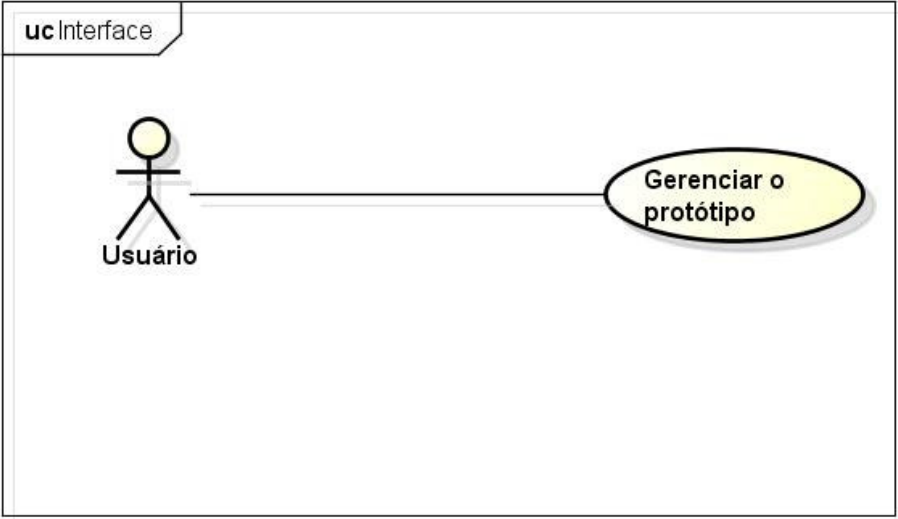


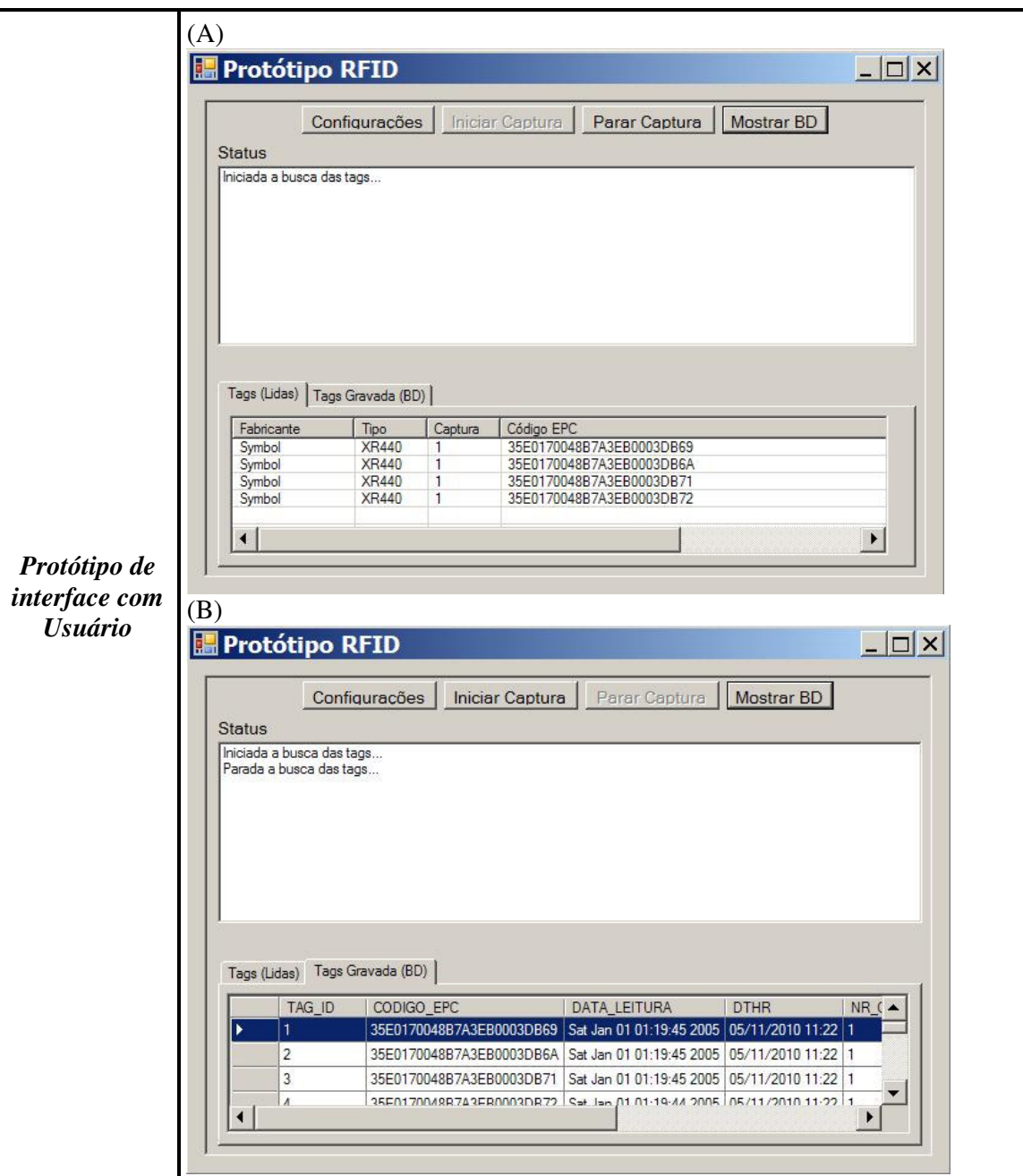
Figura 32. Caso de uso do protótipo

A seguir são apresentados os de casos de uso e os diagramas de seqüência para todos os artefatos definidos anteriormente conforme mostrado nas tabelas e ilustrações abaixo.

Tabela 13. Caso de uso para gerenciar o protótipo

<i>Sistema: Protótipo RFID</i>	
<i>Caso de Uso</i>	Gerenciar o protótipo

<p><b>Representação</b></p>		
<p><b>Descrição</b></p>	<p>Gerenciar as funcionalidades do protótipo.</p>	
<p><b>Ator</b></p>	<p>Usuário.</p>	
	<p><b>Ações do Ator</b></p>	<p><b>Ações do Sistema</b></p>
<p><b>Fluxo Principal</b></p>	<p>Cadastrar configurações.</p> <p>Iniciar a captura das <i>tags</i>.</p> <p>Parar a captura das <i>tags</i>.</p> <p>Consulta as <i>tags</i> gravadas.</p> <p>Fechar o protótipo</p>	<p>O sistema abre o formulário para cadastrar as configurações.</p> <p>O sistema inicia a captura das <i>tags</i>, mostra as <i>tags</i> na tela e grava as <i>tags</i> no banco de dados.</p> <p>O sistema para a captura das <i>tags</i>.</p> <p>O sistema mostra na tela as <i>tags</i> gravadas no banco de dados.</p> <p>Fecha o protótipo.</p>
<p><b>Pré-Condições</b></p>	<p>Sistema operacional <i>Windows XP</i> rodando e <i>.Net Framework3.5</i> instalado.</p>	
<p><b>Pós-Condições</b></p>		
<p><b>Requisitos Funcionais Associados</b></p>	<p>RF00.</p>	
<p><b>Campos de Formulário</b></p>	<p>Um botão para cada ação do usuário, ou seja, um para configurações, um para iniciar a captura, um para parar a captura e outro para consultar as <i>tags</i>. Um <i>list</i> para mostrar o status do protótipo, <i>listview</i> para mostra as <i>tags</i> capturadas e um <i>gridview</i> para mostrar as <i>tags</i> gravadas no banco de dados.</p>	



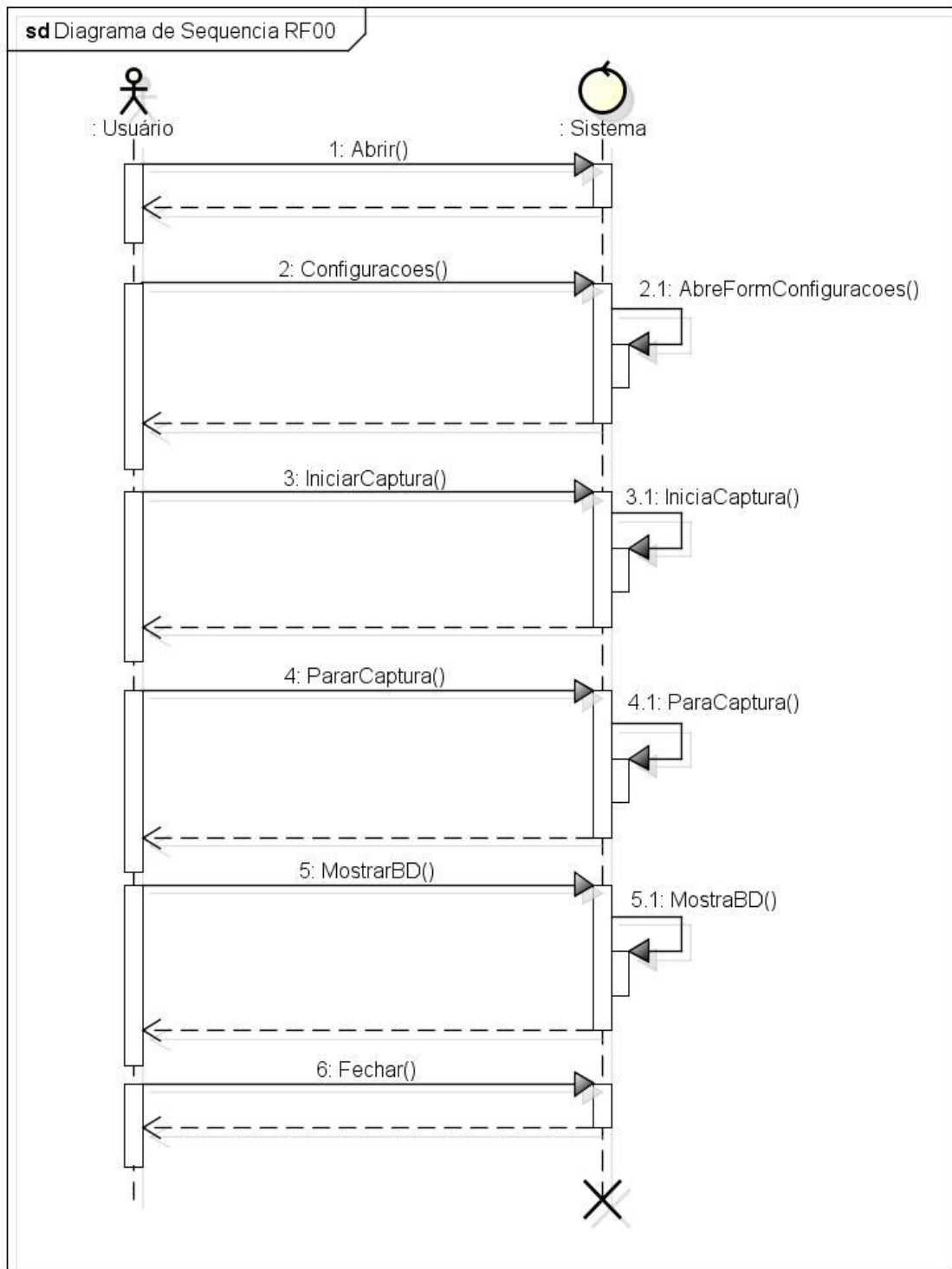


Figura 33. Diagrama de seqüência para gerenciar o protótipo



Tabela 14. Caso de uso para cadastrar configurações

<i>Sistema: Protótipo RFID</i>							
<b>Caso de Uso</b>	Cadastrar configurações.						
<b>Representação</b>	<p>The diagram shows a use case titled 'ucInterface' containing a stick figure actor labeled 'Usuário' connected by a line to an oval use case labeled 'Cadastrar configurações'.</p>						
<b>Descrição</b>	Definir o fabricante, tipo, endereço <i>IP</i> para conexão com o leitor, intervalo de tempo de cada leitura e string de conexão com o banco de dados.						
<b>Ator</b>	Usuário.						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;"><i>Ações do Ator</i></th> <th style="width: 50%;"><i>Ações do Sistema</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>Informa e salva as configurações.</p> <p>Aciona o botão para cancelar.</p> </td> <td> <p>O sistema armazena as configurações definidas pelo usuário em arquivo <i>XML</i>.</p> <p>O sistema fecha o formulário.</p> </td> </tr> <tr> <td> <p><b>Fluxo Alternativo (1)</b></p> <p>O usuário corrige os dados informados e salva as configurações.</p> </td> <td> <p>Se os dados estiverem incompletos, o sistema bloqueia a ação e exibe uma mensagem de erro para o usuário.</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>	<p>Informa e salva as configurações.</p> <p>Aciona o botão para cancelar.</p>	<p>O sistema armazena as configurações definidas pelo usuário em arquivo <i>XML</i>.</p> <p>O sistema fecha o formulário.</p>	<p><b>Fluxo Alternativo (1)</b></p> <p>O usuário corrige os dados informados e salva as configurações.</p>	<p>Se os dados estiverem incompletos, o sistema bloqueia a ação e exibe uma mensagem de erro para o usuário.</p>
<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>						
<p>Informa e salva as configurações.</p> <p>Aciona o botão para cancelar.</p>	<p>O sistema armazena as configurações definidas pelo usuário em arquivo <i>XML</i>.</p> <p>O sistema fecha o formulário.</p>						
<p><b>Fluxo Alternativo (1)</b></p> <p>O usuário corrige os dados informados e salva as configurações.</p>	<p>Se os dados estiverem incompletos, o sistema bloqueia a ação e exibe uma mensagem de erro para o usuário.</p>						
<b>Pré-Condições</b>							
<b>Pós-Condições</b>	Os dados informados devem estar armazenados no arquivo <i>XML</i> correspondente.						
<b>Requisitos Funcionais Associados</b>	RF01.						
<b>Campos de Formulário</b>	Fabricante, tipo da leitora, endereço <i>IP</i> , intervalo de tempo para acessar o leitor e string de conexão com o banco de dados.						

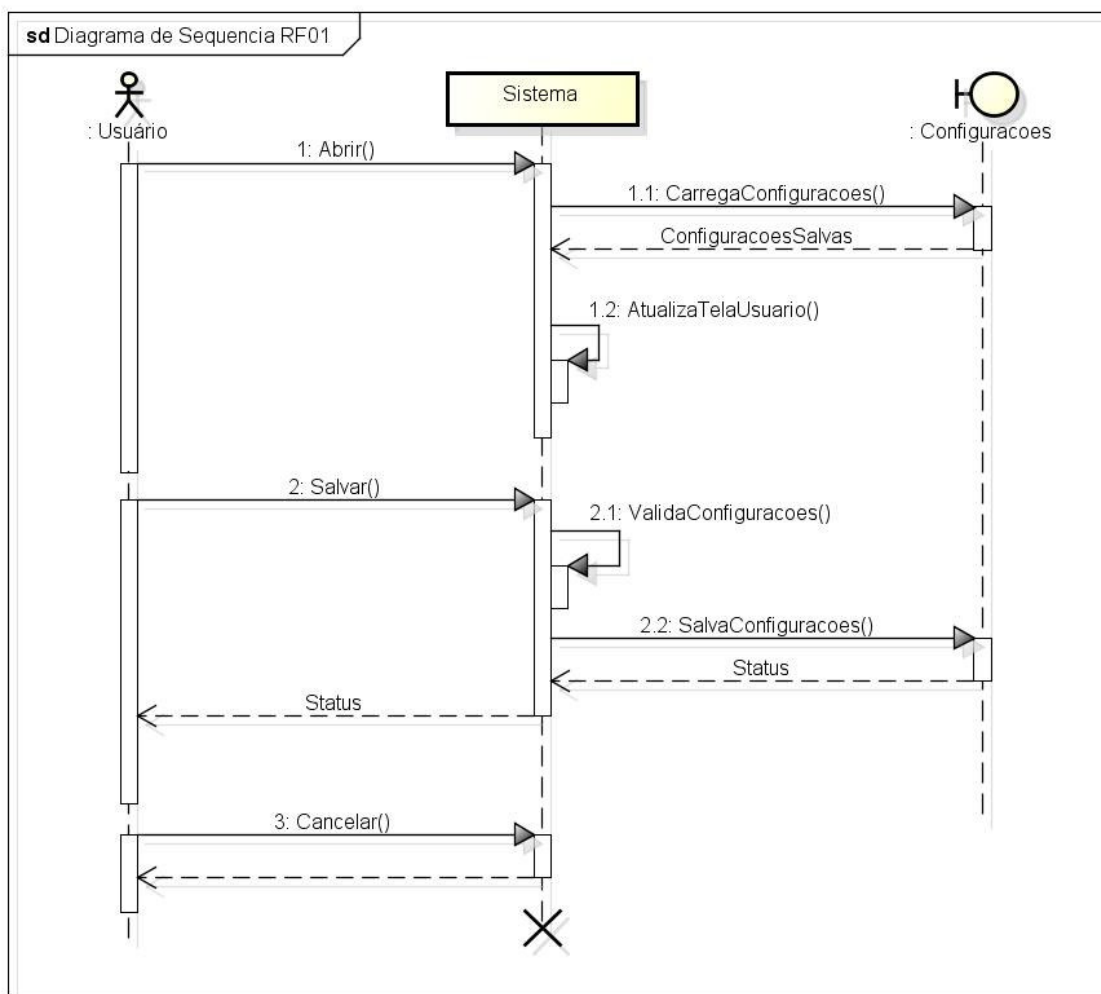


Figura 34. Diagrama de seqüência para cadastrar configurações

Tabela 15. Caso de uso para iniciar a captura das tags

Sistema: Protótipo RFID

<b>Caso de Uso</b>	Iniciar a captura das <i>tags</i> .	
<b>Representação</b>		
<b>Descrição</b>	Iniciar a captura das <i>tags</i> .	
<b>Ator</b>	Usuário.	
	<b>Ações do Ator</b>	<b>Ações do Sistema</b>
<b>Fluxo Principal</b>	Clicar no botão para iniciar a captura das <i>tags</i> .	O protótipo inicia a captura das <i>tags</i> coletadas pelos leitores e as armazena na lista de <i>tags</i> num processo paralelo.
<b>Pré-Condições</b>	As configurações dos leitores e do acesso ao banco de dados devem estar armazenadas no arquivo de configuração ( <i>XML</i> ).	
<b>Pós-Condições</b>	As <i>tags</i> capturadas devem estar armazenadas na lista de <i>tags</i> .	
<b>Requisitos Funcionais Associados</b>	RF02.	
<b>Campos de Formulário</b>	Botão para acionar a ação de iniciar a captura das <i>tags</i> .	
<b>Protótipo de interface com Usuário</b>	Interface apresentada no protótipo de interface com o usuário do caso de uso para gerenciar o protótipo (A).	

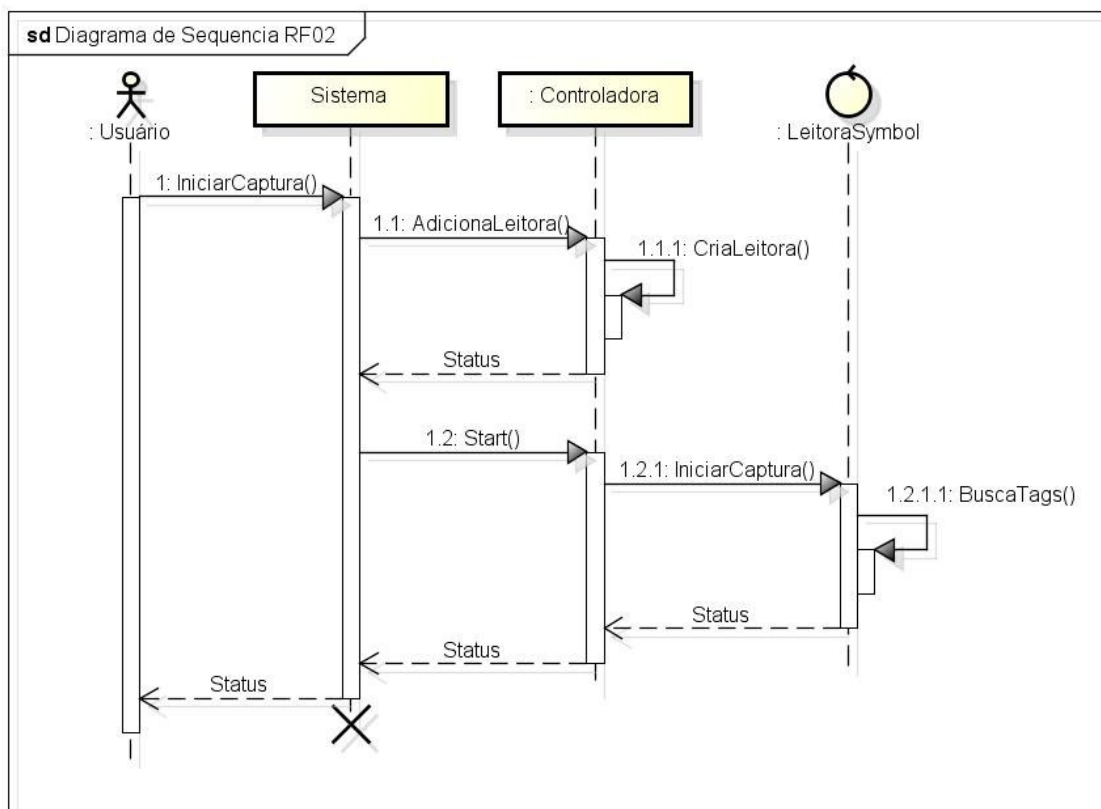


Figura 35. Diagrama de seqüência para iniciar a captura das tags

Tabela 16. Caso de uso para capturar as tags

Sistema: Protótipo RFID	
<b>Caso de Uso</b>	Capturar tags.
<b>Representação</b>	<pre> usecaseDiagram     actor User as Usuário     usecase UC1 as Iniciar a captura das tags     usecase UC2 as Capturar tags     UC1 -.-&gt;&gt; UC2 : &lt;&lt;extend&gt;&gt;   </pre>
<b>Descrição</b>	Capturar as tags lidas do leitor.

	<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>
<b>Fluxo Principal</b>	O protótipo envia um comando para solicitar as <i>tags</i> que o leitor capturou.	Devolve a lista de <i>tags</i> capturadas.
	O protótipo envia um comando para limpar as <i>tags</i> que já retornaram.	Elimina as <i>tags</i> capturadas.
	O protótipo processa as <i>tags</i> armazenando-as na lista de <i>tags</i> .	
<b>Pré-Condições</b>	A leitura das <i>tags</i> deve ter sido iniciada.	
<b>Pós-Condições</b>	As <i>tags</i> capturadas devem estar na lista de <i>tags</i> do protótipo.	
<b>Requisitos Funcionais Associados</b>	RF03.	

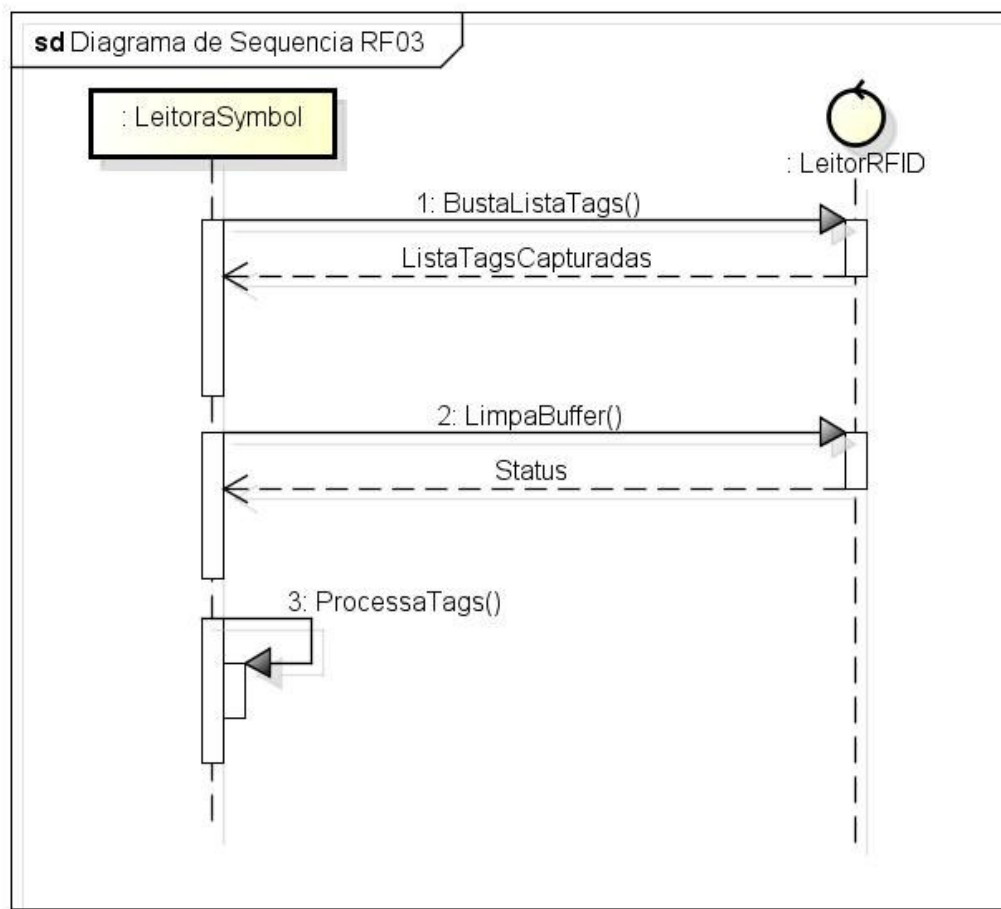


Figura 36. Diagrama de seqüência para capturar as *tags*

Tabela 17. Caso de uso para listar as *tags* capturadas

<i>Sistema: Protótipo RFID</i>					
<b>Caso de Uso</b>	Listar as <i>tags</i> capturadas.				
<b>Representação</b>	<pre> graph LR     U[Usuário] --- UC1((Iniciar a captura das tags))     UC1 -.-&gt; &lt;&lt;extend&gt;&gt;  UC2((Listar tags capturadas))   </pre>				
<b>Descrição</b>	Listar as <i>tags</i> capturadas pelo protótipo.				
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;"><i>Ações do Ator</i></th> <th style="width: 50%; text-align: center;"><i>Ações do Sistema</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <b>Fluxo Principal</b>  Busca as <i>tags</i> capturadas.  Mostra as <i>tags</i> capturadas na tela. </td> <td> Devolve as <i>tags</i> capturadas. </td> </tr> </tbody> </table>	<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>	<b>Fluxo Principal</b> Busca as <i>tags</i> capturadas. Mostra as <i>tags</i> capturadas na tela.	Devolve as <i>tags</i> capturadas.
<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>				
<b>Fluxo Principal</b> Busca as <i>tags</i> capturadas. Mostra as <i>tags</i> capturadas na tela.	Devolve as <i>tags</i> capturadas.				
<b>Pré-Condições</b>	O protótipo deve estar capturando as <i>tags</i> .				
<b>Pós-Condições</b>	As <i>tags</i> capturadas são apresentadas na tela para o usuário.				
<b>Requisitos Funcionais Associados</b>	RF04.				
<b>Campos de Formulário</b>	Campo apropriado para listar as informações capturadas.				
<b>Protótipo de interface com Usuário</b>	Interface apresentada no protótipo de interface com o usuário do caso de uso para gerenciar o protótipo (A).				

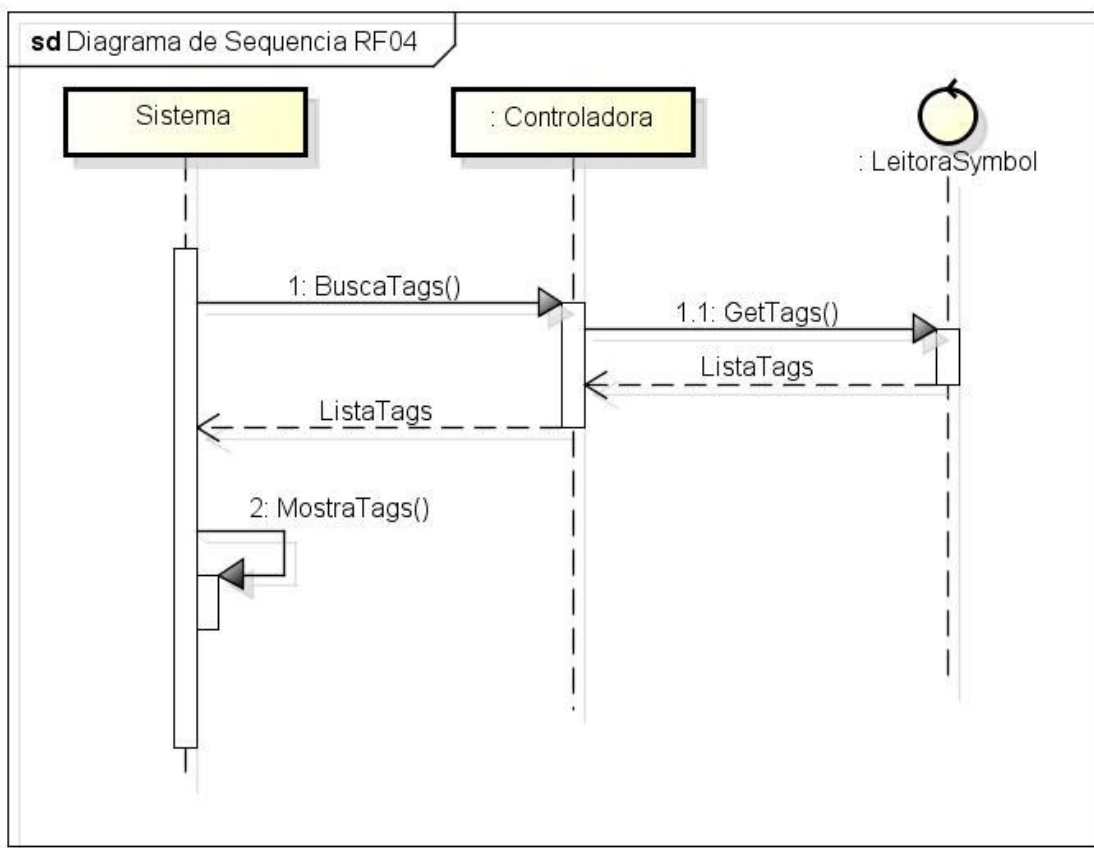
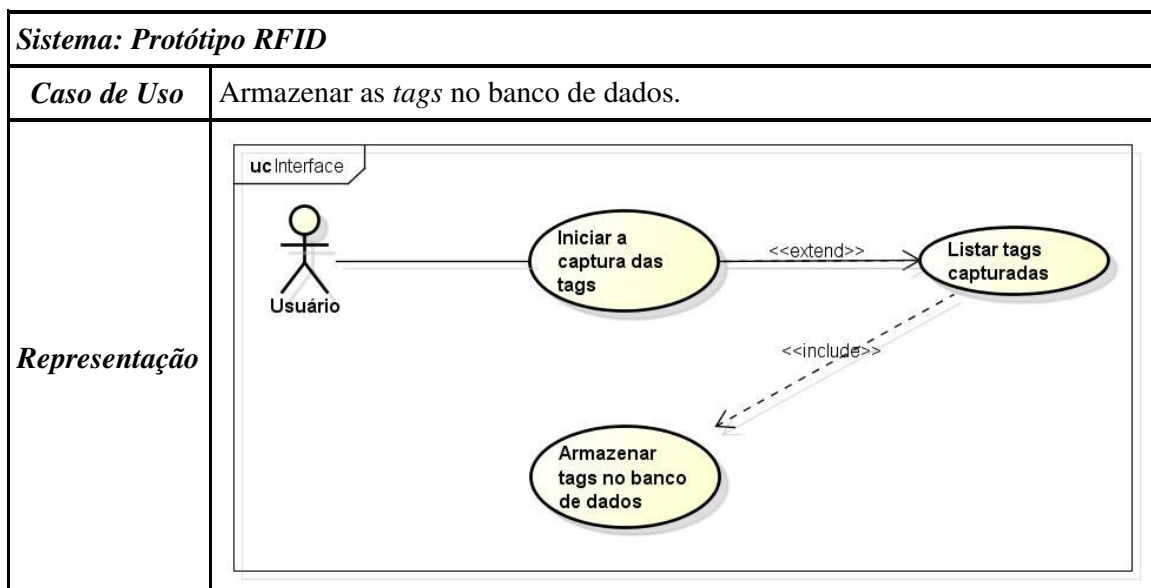


Figura 37. Diagrama de seqüência para listas *tags* capturadas

Tabela 18. Caso de uso para armazenar *tags* no banco de dados



<b>Descrição</b>	Armazenar as <i>tags</i> capturadas no banco de dados.	
	<b>Ações do Ator</b>	<b>Ações do Sistema</b>
<b>Fluxo Principal</b>	<p>Conecta ao banco de dados.</p> <p>Inicia uma transação.</p> <p>Processa as <i>tags</i> para serem inseridas.</p> <p>Envia o comando de <i>insert</i>.</p> <p>Confirma (<i>commit</i>) as operações.</p> <p>Desfaz (<i>rollback</i>) as operações.</p> <p>Desconecta do banco de dados.</p>	<p>Devolve o <i>status</i> da conexão com o banco.</p> <p>Devolve o <i>status</i> da transação.</p> <p>Insere as informações enviadas.</p> <p>Confirma as operações.</p> <p>Desfaz as operações.</p> <p>Devolve o <i>status</i> da operação.</p>
<b>Pré-Condições</b>	O protótipo deve estar capturando as <i>tags</i> . As <i>tags</i> devem estar listadas para o usuário.	
<b>Pós-Condições</b>	As <i>tags</i> capturadas devem estar armazenadas no banco de dados.	
<b>Requisitos Funcionais Associados</b>	RF05.	



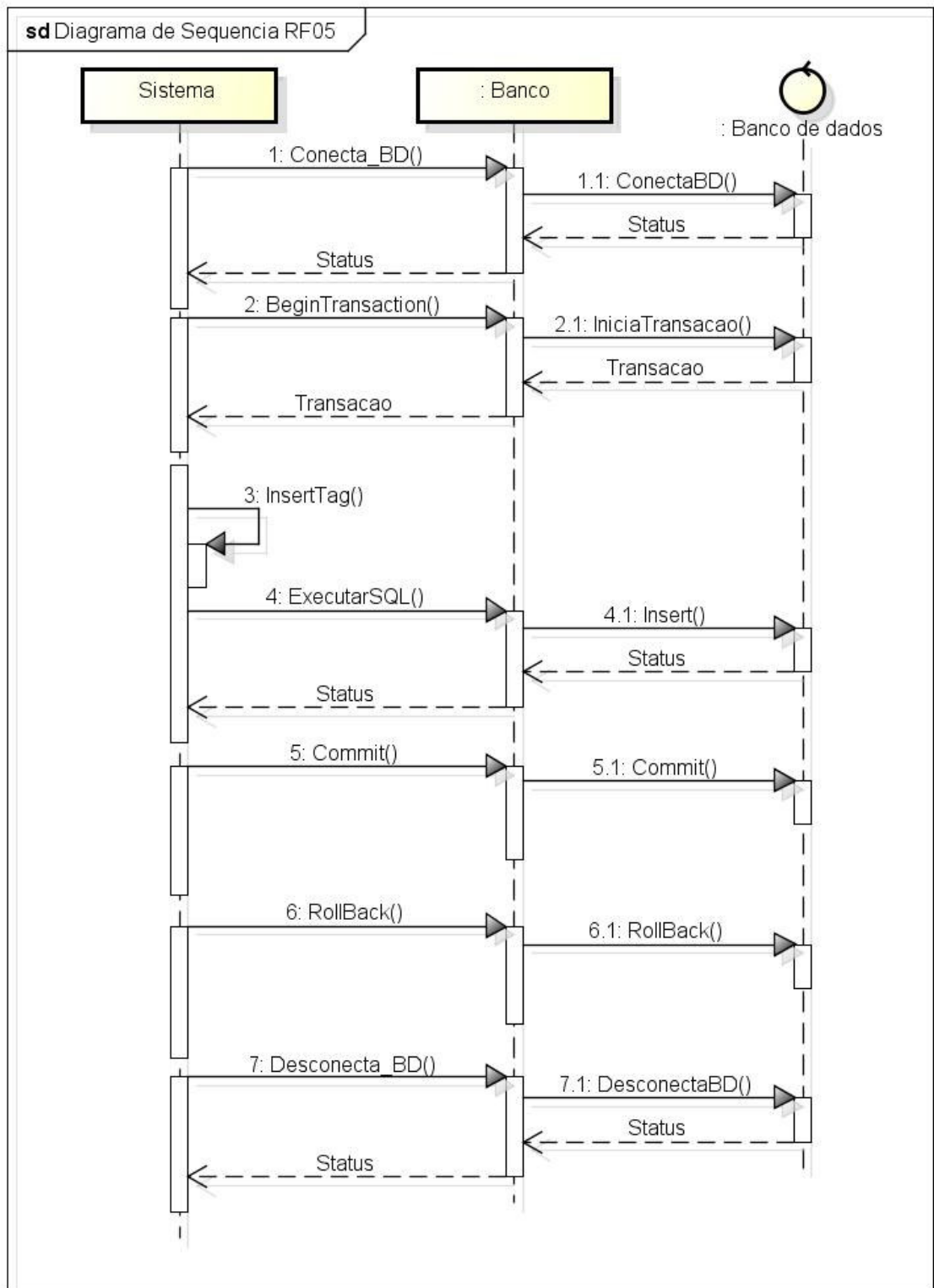
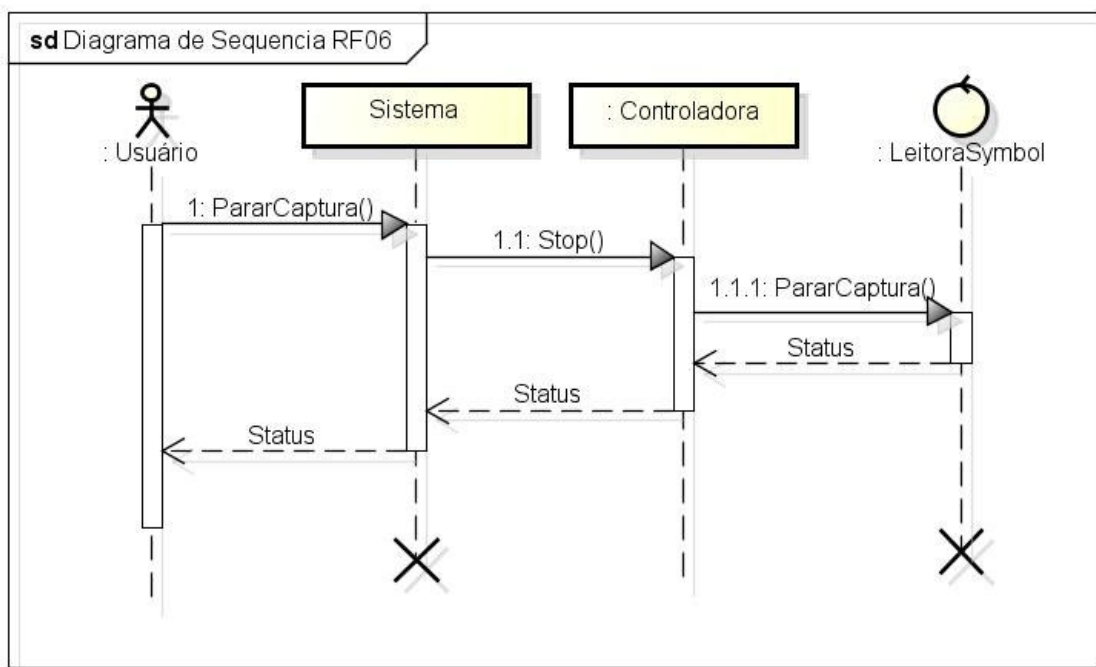


Figura 38. Diagrama de seqüência para armazenar *tags* no banco de dados

Tabela 19. Caso de uso para parar a captura das *tags*

<i>Sistema: Protótipo RFID</i>							
<b>Caso de Uso</b>	Parar a captura das <i>tags</i> .						
<b>Representação</b>	<p>The diagram shows a use case titled 'uc Interface' containing an actor labeled 'Usuário' connected to a use case labeled 'Parar a captura das tags'.</p>						
<b>Descrição</b>	Parar a captura das <i>tags</i> .						
<b>Ator</b>	Usuário.						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Ações do Ator</i></th> <th><i>Ações do Sistema</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Fluxo Principal</b></td> <td>Clicar no botão para parar a captura das <i>tags</i>.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>O protótipo para a captura das <i>tags</i> coletadas pelos leitores.</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>	<b>Fluxo Principal</b>	Clicar no botão para parar a captura das <i>tags</i> .		O protótipo para a captura das <i>tags</i> coletadas pelos leitores.
<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>						
<b>Fluxo Principal</b>	Clicar no botão para parar a captura das <i>tags</i> .						
	O protótipo para a captura das <i>tags</i> coletadas pelos leitores.						
<b>Pré-Condições</b>	O protótipo deve estar capturando as <i>tags</i> .						
<b>Pós-Condições</b>	O protótipo deve parar a captura das <i>tags</i> .						
<b>Requisitos Funcionais Associados</b>	RF06.						
<b>Campos de Formulário</b>	Botão para acionar a ação de para a captura das <i>tags</i> .						
<b>Protótipo de interface com Usuário</b>	Interface apresentada no protótipo de interface com o usuário do caso de uso para gerenciar o protótipo (A).						

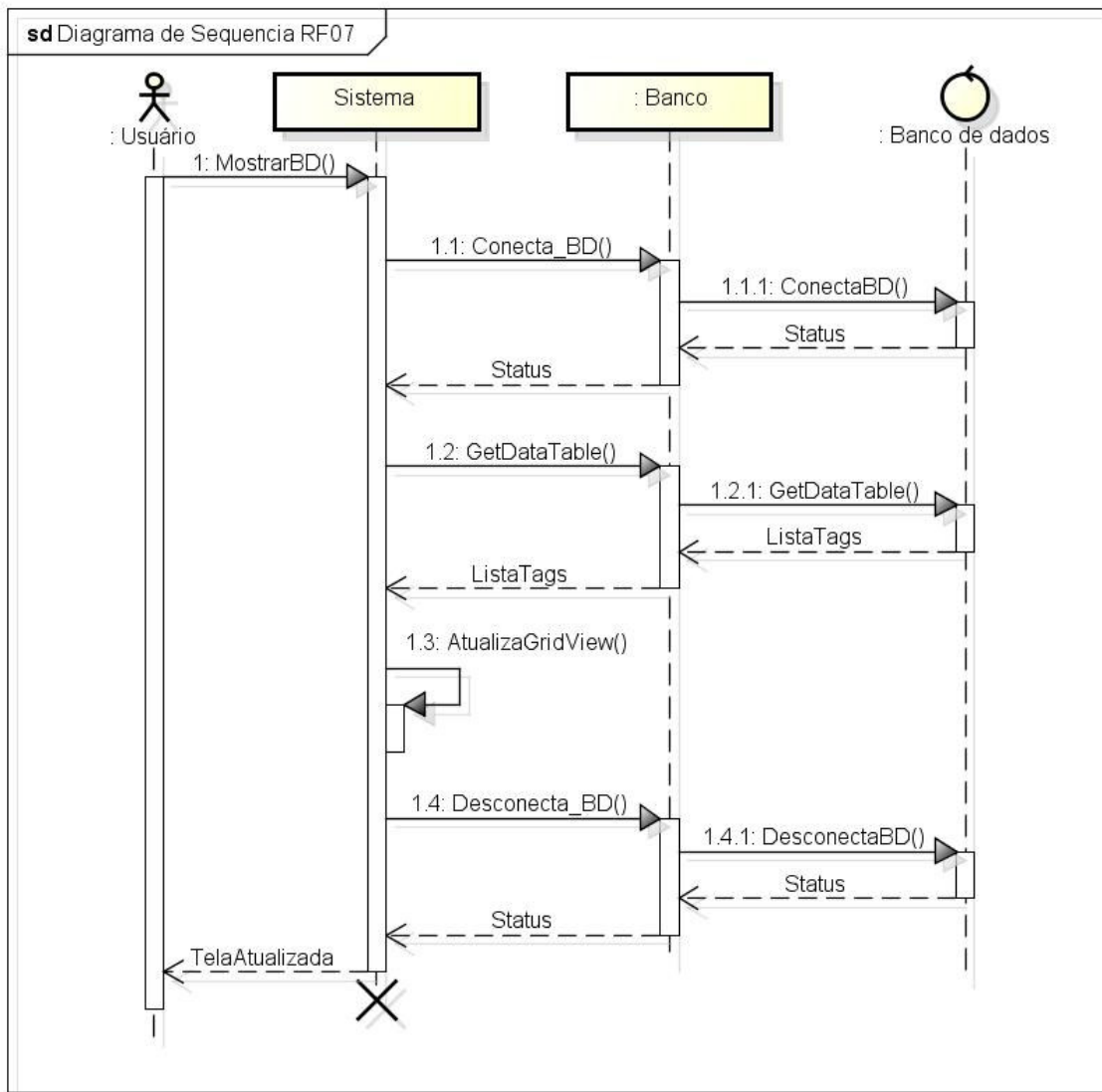


**Figura 39.** Diagrama de seqüência para parar a captura das *tags*

**Tabela 20.** Caso de uso para consultar *tags* armazenadas no banco de dados

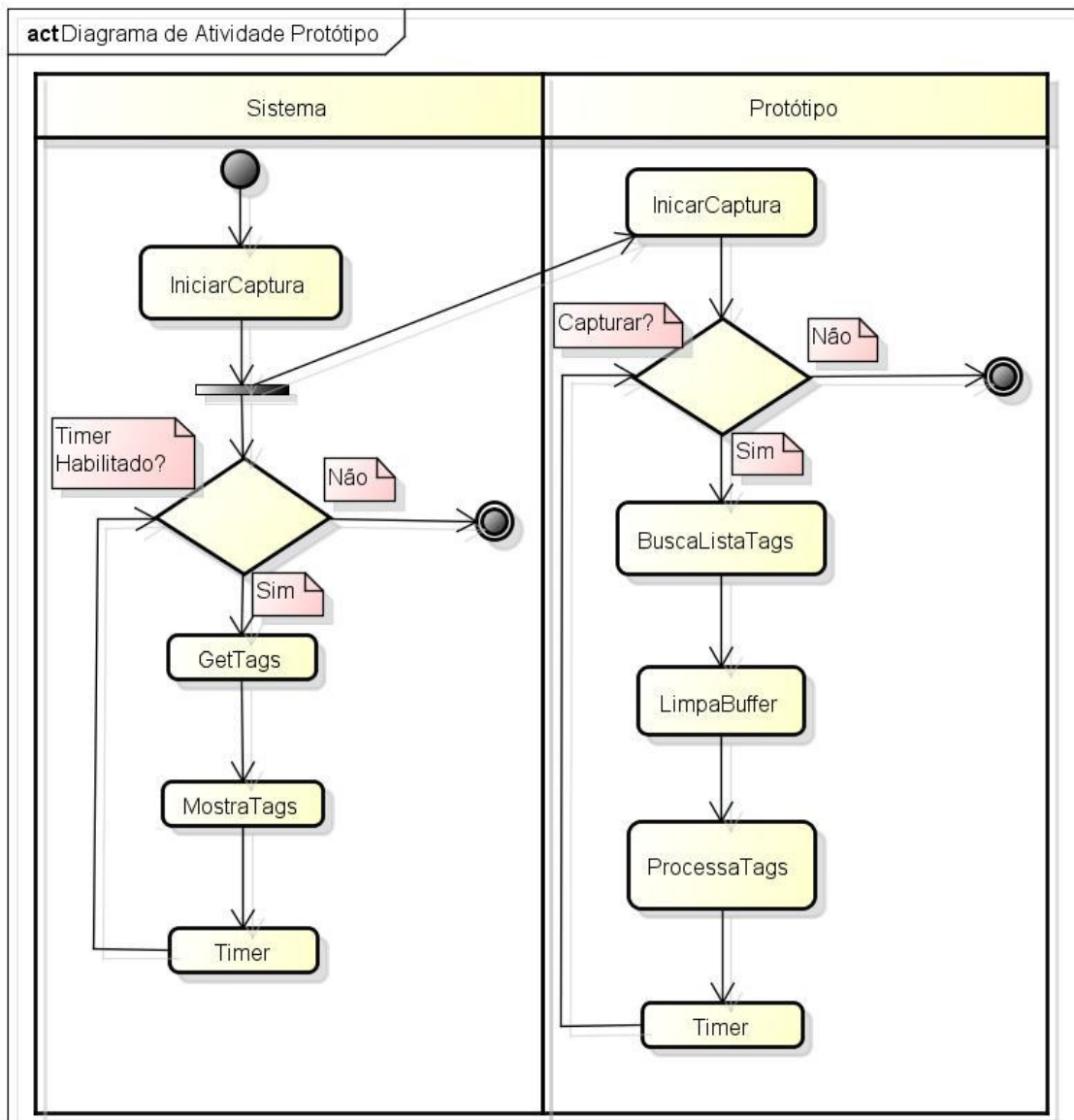
<i>Sistema: Protótipo RFID</i>	
<b>Caso de Uso</b>	Consultar as <i>tags</i> armazenadas no banco de dados.
<b>Representação</b>	<pre> graph LR     U[Usuário] --- UC((Consultar tags armazenadas do banco de dados))   </pre>
<b>Descrição</b>	Consultar as <i>tags</i> armazenadas no banco de dados.

<b>Ator</b>	Usuário.	
	<b>Ações do Ator</b>	<b>Ações do Sistema</b>
<b>Fluxo Principal</b>	Clicar no botão de consulta das <i>tags</i> .	O sistema deve listar as <i>tags</i> armazenadas no banco de dados.
<b>Pré-Condições</b>	As <i>tags</i> devem estar armazenadas no banco de dados.	
<b>Pós-Condições</b>	As <i>tags</i> armazenadas no banco de dados devem estar listadas na tela para o usuário.	
<b>Requisitos Funcionais Associados</b>	RF07.	
<b>Campos de Formulário</b>	Campo apropriado para listar as <i>tags</i> armazenadas.	
<b>Protótipo de interface com Usuário</b>	Interface apresentada no protótipo de interface com o usuário do caso de uso para gerenciar o protótipo (B).	



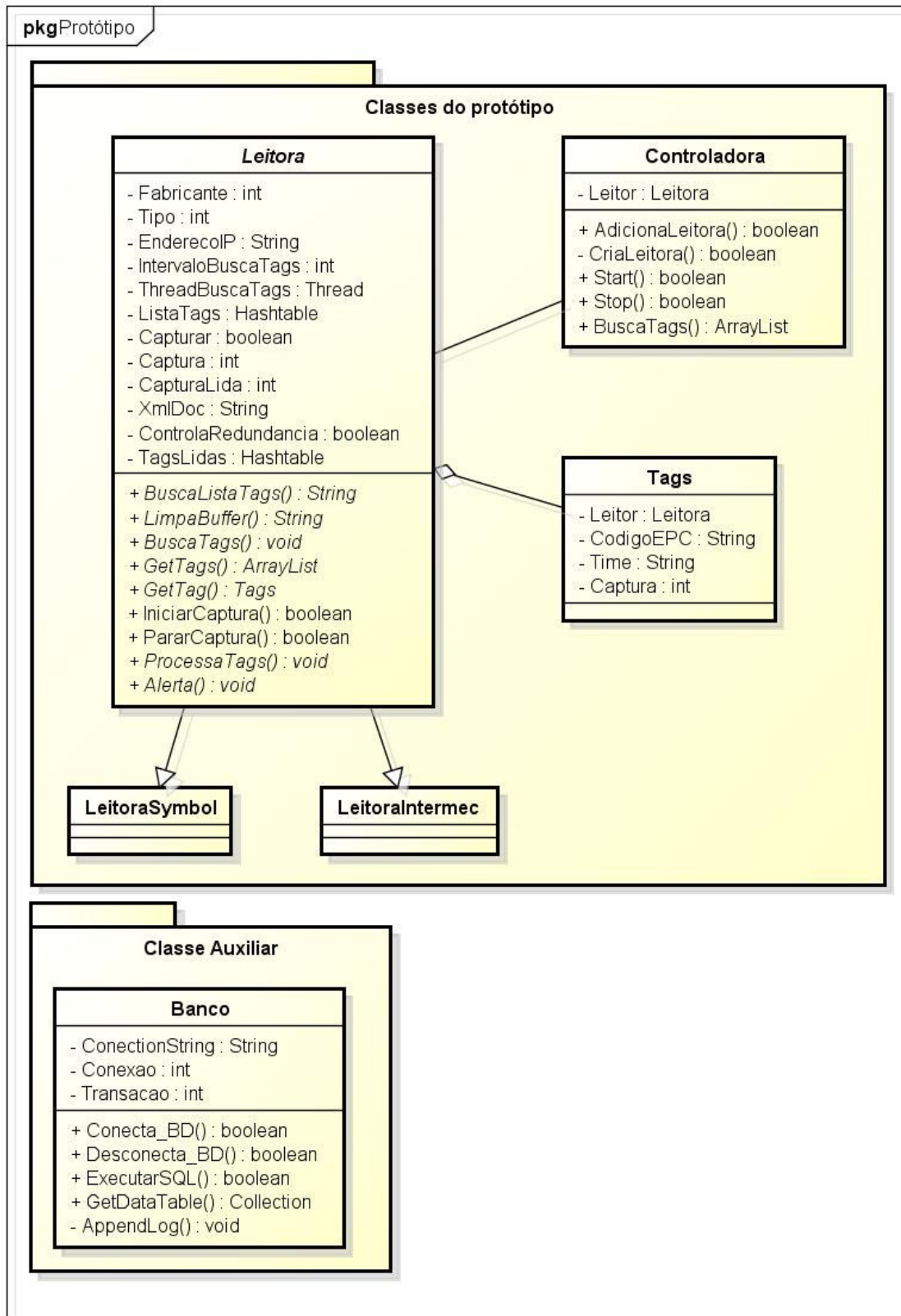
**Figura 40. Diagrama de seqüência para consultar *tags* armazenadas**

A Figura 41 mostra o diagrama de atividades identificado para o protótipo a ser desenvolvido.



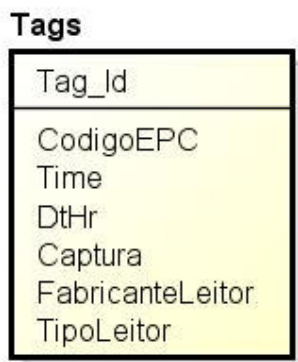
**Figura 41. Diagrama de atividades do protótipo**

A Figura 42 mostra o modelo de classes extraído dos casos de uso e dos diagramas de seqüências.



**Figura 42. Diagrama de classes do protótipo**

O *schema* da tabela para armazenar as *tags* capturadas pelo protótipo no banco de dados está ilustrada na Figura 43.

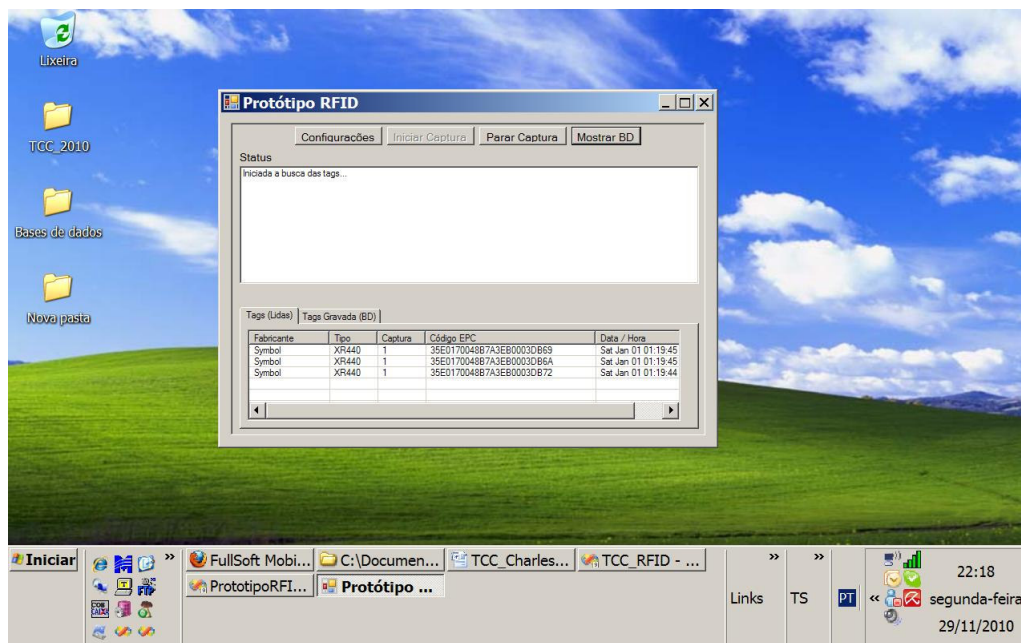


**Figura 43.** *Schema* da tabela para armazenar as *tags* capturadas

Na Seção seguinte será apresentado o funcionamento do protótipo.

#### 4.6 Funcionamento do protótipo

A Figura 44 mostra o protótipo sendo executado, capturando as *tags* que foram coletadas pelo leitor *RFID*.



**Figura 44.** Protótipo sendo executado



Na Seção seguinte serão apresentadas as experiências positivas e negativas encontradas durante o desenvolvimento do protótipo.

#### **4.7 Experiências positivas e negativas**

O desenvolvimento do protótipo transcorreu sem problemas. As ferramentas utilizadas para o desenvolvimento tornaram esta tarefa simples e sem contratempos. Pode-se comprovar toda a operacionalidade da Tecnologia *RFID* através do leitor, antenas e *tags*. Os trabalhos com essa tecnologia são empolgantes e surpreendentes.

Entretanto, a não utilização do *Middleware RFID* tornou complexa a tarefa de busca das *tags* capturadas. A sua ausência causa uma grande redundância de informações que necessitam ser tratadas. Porém, como a característica do protótipo para sua futura integração com o *FullWMS*, não tem necessidade de tratamento dessas redundâncias, acabou não trazendo muito impacto.

No Capítulo seguinte será apresentado a integração do protótipo desenvolvido com o *FullWMS*. Serão feitas apenas algumas adaptações, porém a maior parte do protótipo permanecerá sem alteração.

## **5 Estudo de caso**

Neste Capítulo será apresentado um estudo de caso adaptando o protótipo desenvolvido no Capítulo 4 para a utilização no processo de expedição de volumes do *FullWMS* apresentado na Seção 3.4.

### **5.1 Adaptação do protótipo ao estudo de caso**

O protótipo desenvolvido no Capítulo 4 será adaptado para interagir com o *FullWMS* através de um aplicativo, que será apresentado nas seções seguintes, onde fará a disponibilização dos dados coletados pelos leitores *RFID*. O aplicativo fará a vinculação dos dados coletados com a base de dados do *FullWMS*.

Como o protótipo foi desenvolvido separadamente de outros aplicativos, apenas como componentes (bibliotecas), pode ser adaptado facilmente a outros aplicativos, bastando para isso fazer referência às suas bibliotecas (*DLL*). Nesse caso as arquiteturas de *hardware* e de *software* serão mantidas para este estudo de caso. De igual forma os componentes de *hardwares* utilizados para a demonstração do protótipo também serão os mesmos. Os requisitos de *software* para o desenvolvimento do aplicativo para este estudo de caso serão os mesmos que foram utilizados para o protótipo.

#### **5.1.1 Aplicativo para o estudo de caso**

O aplicativo que será desenvolvido para o estudo de caso será composto por quatro partes básicas, cada qual com uma interface. Na primeira interface conterá a possibilidade de vinculação das Áreas de Movimentações, que fazem parte do *FullWMS*, com o leitor, onde cada área estará vinculada apenas a um leitor. Isto servirá para alertar os usuários quando ocorrer a tentativa de levar um volume para uma área para a qual não está liberado.

A segunda interface vai possibilitar a vinculação das minutas de transportes a uma determinada área de movimentação. Isso garante que os pedidos desta minuta somente sejam embarcados na área de movimentação que está definida na minuta. Para fins deste estudo de caso, a minuta de transporte já deverá estar cadastrada no *FullWMS*.

A terceira interface vai possuir a vinculação dos volumes de um pedido às *tags RFID* que serão afixadas nos mesmos. Essas *tags* são do tipo *Smart labels* que conterão as informações do volume, impressas por impressoras de código de barras. Para efeito deste estudo de caso, essas *tags* serão vinculadas uma a uma pelo aplicativo, simulando uma situação real onde as *tags* seriam impressas por impressoras *RFID*, e já conteriam as informações do volume ligadas a ela. Na vinculação desta interface, os códigos *EPC* capturados, serão armazenados na base de dados do *FullWMS*, e obedecerão a relação de um volume para uma *tag*. Nesta mesma interface haverá uma opção para liberar o pedido para a expedição, que consiste em adicionar o pedido a uma minuta de transporte previamente cadastrada.

Na quarta interface o aplicativo irá iniciar a captura das *tags* na área em que o leitor estiver vinculado. Tão logo o aplicativo tenha as informações irá checá-las na base de dados do *FullWMS*, verificando sua existência, se o pedido está liberado e se está na área de movimentação correta. Passando por essas consistências, irá marcar o volume como já expedido. No ANEXO B é apresentado o código fonte do método principal para o tratamento das *tags* capturadas. O usuário poderá consultar a situação dos pedidos liberados para uma determinada área, visualizando quais os volumes já foram expedidos e quais ainda faltam ser expedidos.

O aplicativo conterà ainda uma interface para fazer a configuração do leitor, e as configurações necessárias para o acesso a base de dados do *FullWMS*.

Na Seção seguinte será apresentado os processos para a implementação do aplicativo para este estudo de caso.

## **5.2 Implementação do estudo de caso**

Nesta Seção serão apresentados os passos para o desenvolvimento do aplicativo de integração do protótipo desenvolvido no Capítulo 4 com o *FullWMS*.

## 5.2.1 Modelo de domínio do estudo de caso

Analisando a apresentação do aplicativo para o estudo de caso, mostrado na Seção 5.1.1, foram identificadas as classes conceituais que irão fazer parte do Modelo de Domínio apresentado na Figura 45.

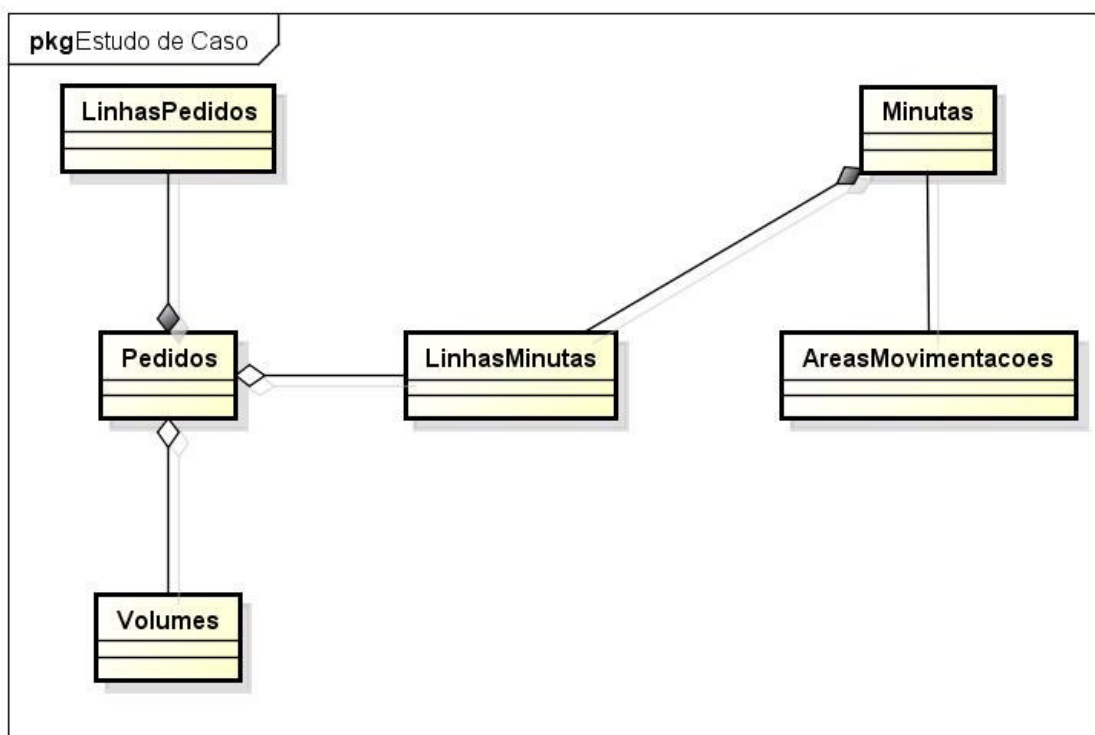


Figura 45. Modelo de domínio para o estudo de caso

## 5.2.2 Requisitos funcionais do estudo de caso

Na Tabela 21 são apresentados os requisitos funcionais identificados para o estudo de caso.

Tabela 21. Requisitos funcionais para o estudo de caso

Requisito	Descrição
RF00	Gerenciar o aplicativo.
RF01	Cadastrar configurações.
RF02	Vincular a área de movimentação ao leitor <i>RFID</i> .

RF03	Vincular a minuta de transporta a uma área de movimentação.
RF04	Vincular os volumes que serão expedidos com as <i>tags</i> afixada nos mesmos.
RF05	Liberar pedidos para expedição.
RF06	Expedição de volumes.
RF07	Iniciar a captura das <i>tags</i> .
RF08	Parar a captura das <i>tags</i> .

Na Seção seguinte será apresentado o Modelo de Caso de Uso utilizado para o estudo de caso.

### 5.2.3 Casos de uso do estudo de caso

Analisando o Modelo de Domínio do estudo de caso apresentado na Figura 45 e os Requisitos funcionais apresentados na Tabela 21, foram identificados os casos de uso que farão parte do estudo de caso como mostra a Figura 46.

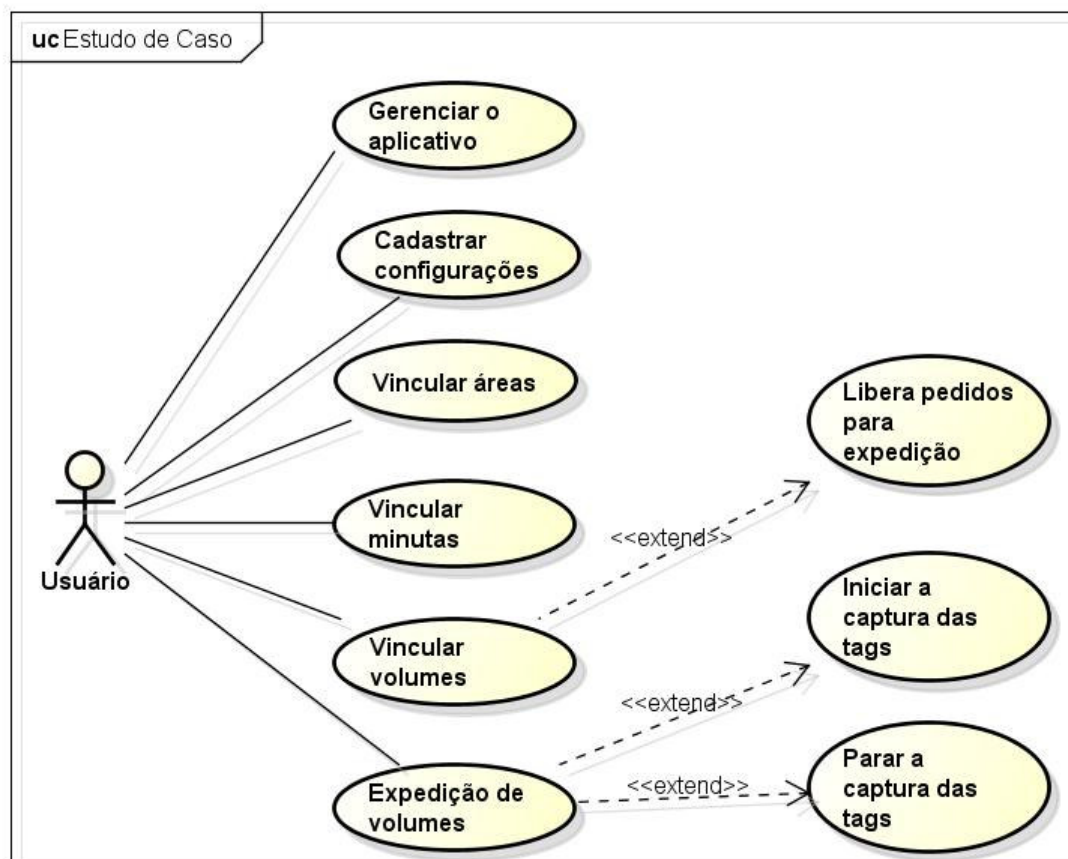
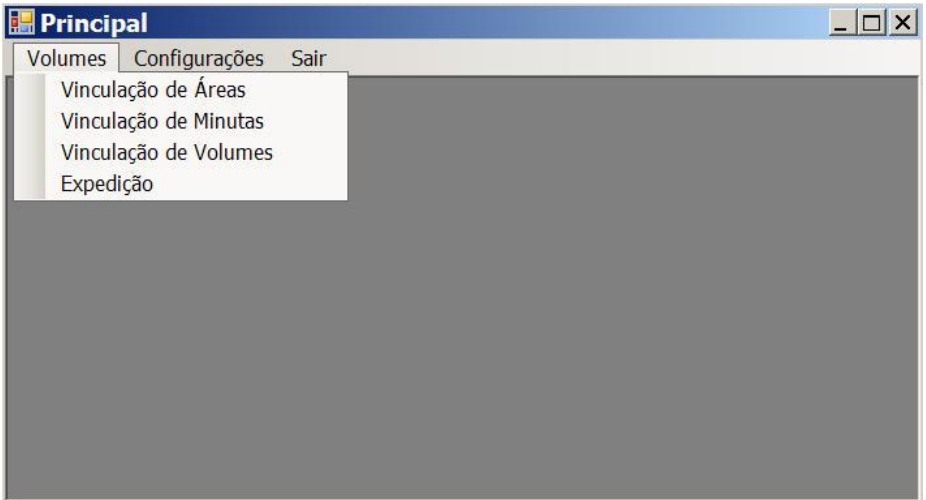


Figura 46. Caso de uso do Estudo de caso

A seguir são apresentados os de casos de uso e os diagramas de seqüência para todos os artefatos definidos anteriormente conforme mostrado nas tabelas e ilustrações abaixo.

**Tabela 22. Caso de uso para gerenciar o aplicativo**

<i>Sistema: Estudo de caso</i>		
<i>Caso de Uso</i>	Gerenciar o aplicativo	
<i>Representação</i>	<p>O diagrama mostra um ator representado por um símbolo de pessoa (stick figure) rotulado 'Usuário'. Uma linha conecta o ator a um oval amarelo rotulado 'Gerenciar o aplicativo'. O diagrama está contido em um retângulo com um rótulo 'uc Estudo de Caso' no canto superior esquerdo.</p>	
<i>Descrição</i>	Gerenciar as funcionalidades do aplicativo.	
<i>Ator</i>	Usuário.	
	<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>
<i>Fluxo Principal</i>	<p>Iniciar a vinculação de áreas de movimentação.</p> <p>Iniciar a vinculação das minutas de transporte.</p> <p>Iniciar a vinculação de volumes para expedição.</p> <p>Iniciar a expedição de volumes.</p> <p>Cadastrar as configurações.</p> <p>Fechar o aplicativo.</p>	<p>Abre o formulário para vinculação de áreas de movimentação.</p> <p>Abre o formulário para vinculação das minutas de transporte.</p> <p>Abre o formulário para vinculação dos volumes para expedição.</p> <p>Abre o formulário para a expedição dos volumes.</p> <p>Abre o formulário para cadastrar as configurações.</p> <p>Fecha o aplicativo.</p>

<b>Fluxo Alternativo (1)</b>	Preenche as configurações.	Se as configurações não estiverem cadastradas, abre o formulário para cadastrar as configurações.
<b>Pré-Condições</b>	Sistema operacional <i>Windows XP</i> rodando e <i>.Net Framework3.5</i> instalado.	
<b>Pós-Condições</b>		
<b>Requisitos Funcionais Associados</b>	RF00.	
<b>Campos de Formulário</b>	Menu para as opções do usuário.	
<b>Protótipo de interface com Usuário</b>		

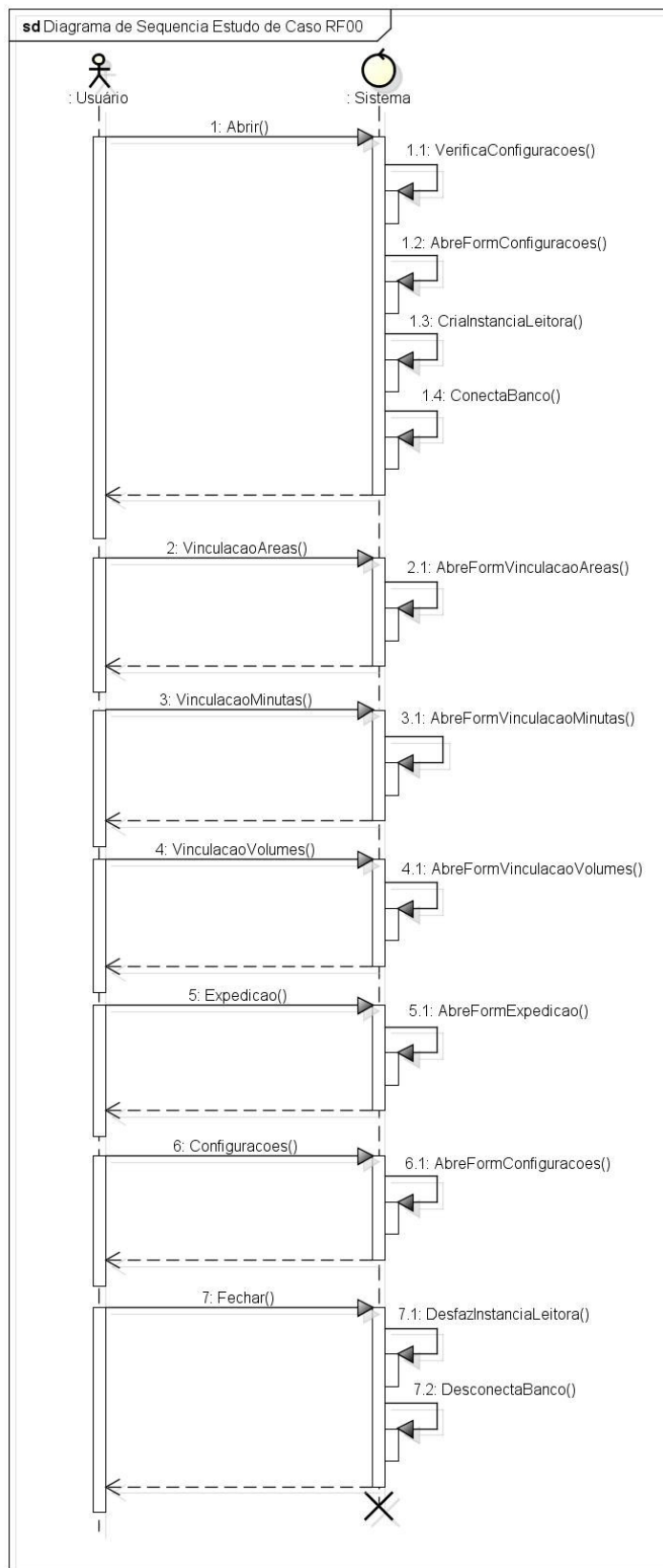
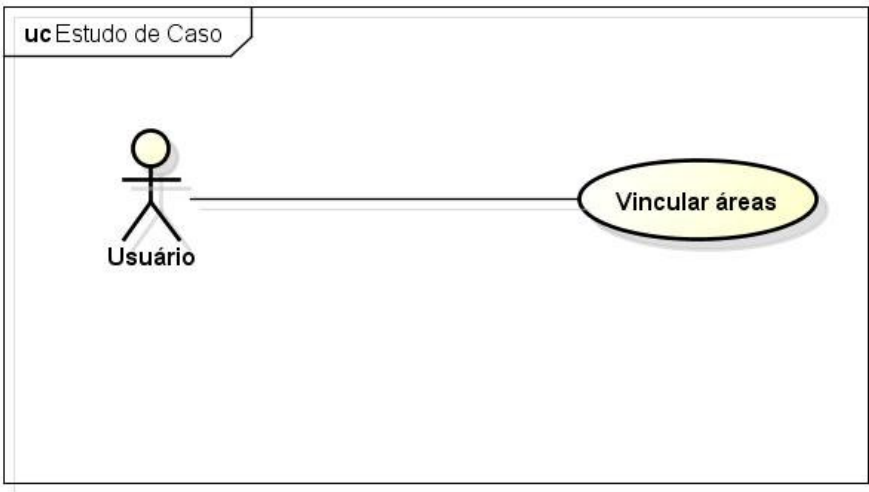



Figura 47. Diagrama de seqüência para gerenciar o aplicativo

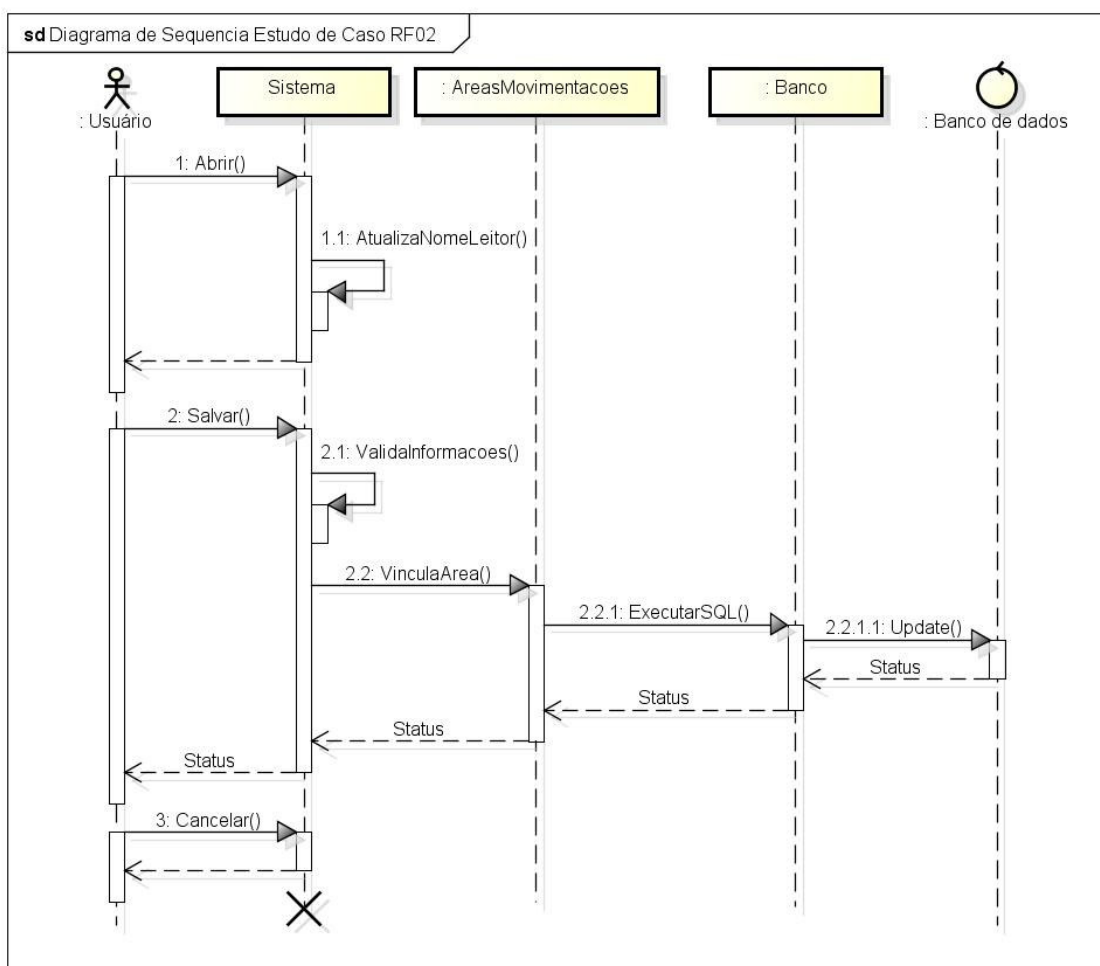


O caso de uso para cadastrar as configurações para o estudo de caso (RF01) e o seu diagrama de seqüência, será igual aos mostrados na Tabela 14 e Figura 34, respectivamente, apresentados na Seção 4.5.3.

**Tabela 23. Caso de uso para vincular áreas de movimentação**

<i>Sistema: Estudo de caso</i>							
<i>Caso de Uso</i>	Vincular áreas de movimentação						
<i>Representação</i>							
<i>Descrição</i>	Vincular as áreas de movimentação aos leitores <i>RFID</i> .						
<i>Ator</i>	Usuário.						
	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;"><i>Ações do Ator</i></th> <th style="width: 50%;"><i>Ações do Sistema</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>Informa a área a ser vinculada e altera se necessário, o nome do leitor e clica no botão para salvar.</p> <p>Clica no botão cancelar.</p> </td> <td> <p>O sistema apresenta a descrição do leitor <i>RFID</i> que está configurado e marca a área de movimentação com o leitor <i>RFID</i>.</p> <p>O Sistema fecha o formulário.</p> </td> </tr> <tr> <td> <p>Corrige as informações e clica no botão salvar.</p> </td> <td> <p>Se as informações do código da área de movimentação e do nome do leitor não estiverem preenchidos o sistema emite uma mensagem de alerta.</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>	<p>Informa a área a ser vinculada e altera se necessário, o nome do leitor e clica no botão para salvar.</p> <p>Clica no botão cancelar.</p>	<p>O sistema apresenta a descrição do leitor <i>RFID</i> que está configurado e marca a área de movimentação com o leitor <i>RFID</i>.</p> <p>O Sistema fecha o formulário.</p>	<p>Corrige as informações e clica no botão salvar.</p>	<p>Se as informações do código da área de movimentação e do nome do leitor não estiverem preenchidos o sistema emite uma mensagem de alerta.</p>
<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>						
<p>Informa a área a ser vinculada e altera se necessário, o nome do leitor e clica no botão para salvar.</p> <p>Clica no botão cancelar.</p>	<p>O sistema apresenta a descrição do leitor <i>RFID</i> que está configurado e marca a área de movimentação com o leitor <i>RFID</i>.</p> <p>O Sistema fecha o formulário.</p>						
<p>Corrige as informações e clica no botão salvar.</p>	<p>Se as informações do código da área de movimentação e do nome do leitor não estiverem preenchidos o sistema emite uma mensagem de alerta.</p>						
<i>Fluxo Principal</i>							
<i>Fluxo Alternativo (1)</i>							
<i>Pré-Condições</i>	A área de movimentação deve estar cadastrada. O leitor <i>RFID</i> deve estar configurado.						
<i>Pós-Condições</i>	A área de movimentação deve estar com a informação do leitor <i>RFID</i> .						
<i>Requisitos Funcionais</i>	RF02.						

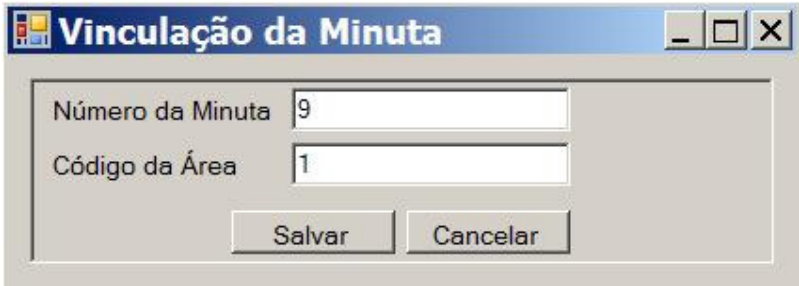
<b>Associados</b>	
<b>Campos de Formulário</b>	Código da área de movimentação e nome do leitor <i>RFID</i> configurado no sistema.
<b>Protótipo de interface com Usuário</b>	

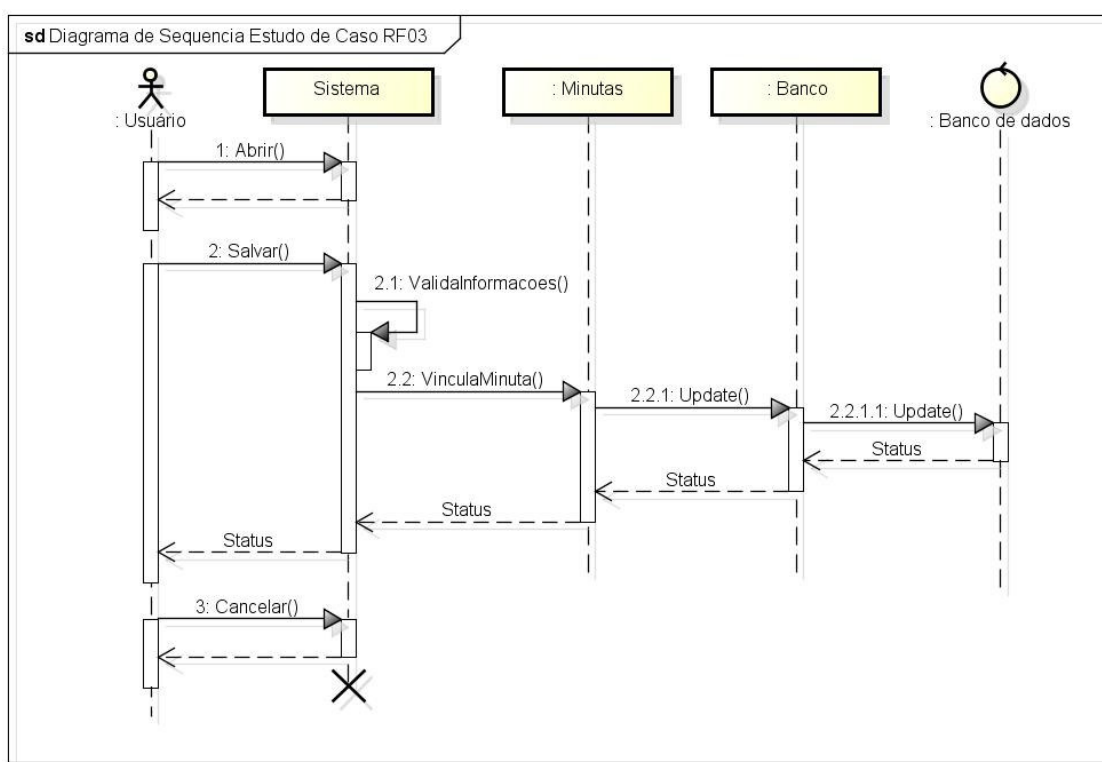


**Figura 48.** Diagrama de seqüência para vincular áreas

Tabela 24. Caso de uso para vincular minutas

<i>Sistema: Estudo de caso</i>							
<i>Caso de Uso</i>	Vincular minutas						
<i>Representação</i>	<p>The diagram shows a use case titled 'uc Estudo de Caso'. Inside the use case, there is a stick figure actor labeled 'Usuário' connected by a line to an oval use case labeled 'Vincular minutas'.</p>						
<i>Descrição</i>	Vincular a minuta a uma área de movimentação.						
<i>Ator</i>	Usuário.						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;"><i>Ações do Ator</i></th> <th style="width: 50%;"><i>Ações do Sistema</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p><i>Fluxo Principal</i></p> <p>Informa a número da minuta e o código da área de movimentação e clica no botão para salvar.</p> <p>Clica no botão cancelar.</p> </td> <td> <p>O sistema vincula a minuta à área de movimentação.</p> <p>O sistema fecha o formulário.</p> </td> </tr> <tr> <td> <p><i>Fluxo Alternativo (1)</i></p> <p>Corrige as informações e clica no botão salvar.</p> </td> <td> <p>Se as informações do número da minuta e do código da área de movimentação não estiverem preenchidos o sistema emite uma mensagem de alerta.</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>	<p><i>Fluxo Principal</i></p> <p>Informa a número da minuta e o código da área de movimentação e clica no botão para salvar.</p> <p>Clica no botão cancelar.</p>	<p>O sistema vincula a minuta à área de movimentação.</p> <p>O sistema fecha o formulário.</p>	<p><i>Fluxo Alternativo (1)</i></p> <p>Corrige as informações e clica no botão salvar.</p>	<p>Se as informações do número da minuta e do código da área de movimentação não estiverem preenchidos o sistema emite uma mensagem de alerta.</p>
<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>						
<p><i>Fluxo Principal</i></p> <p>Informa a número da minuta e o código da área de movimentação e clica no botão para salvar.</p> <p>Clica no botão cancelar.</p>	<p>O sistema vincula a minuta à área de movimentação.</p> <p>O sistema fecha o formulário.</p>						
<p><i>Fluxo Alternativo (1)</i></p> <p>Corrige as informações e clica no botão salvar.</p>	<p>Se as informações do número da minuta e do código da área de movimentação não estiverem preenchidos o sistema emite uma mensagem de alerta.</p>						
<i>Pré-Condições</i>	<p>A área de movimentação deve estar cadastrada.</p> <p>A minuta de transporte deve estar cadastrada.</p>						
<i>Pós-Condições</i>	A minuta de transporte deve estar vinculada a área de movimentação.						
<i>Requisitos Funcionais Associados</i>	RF03.						

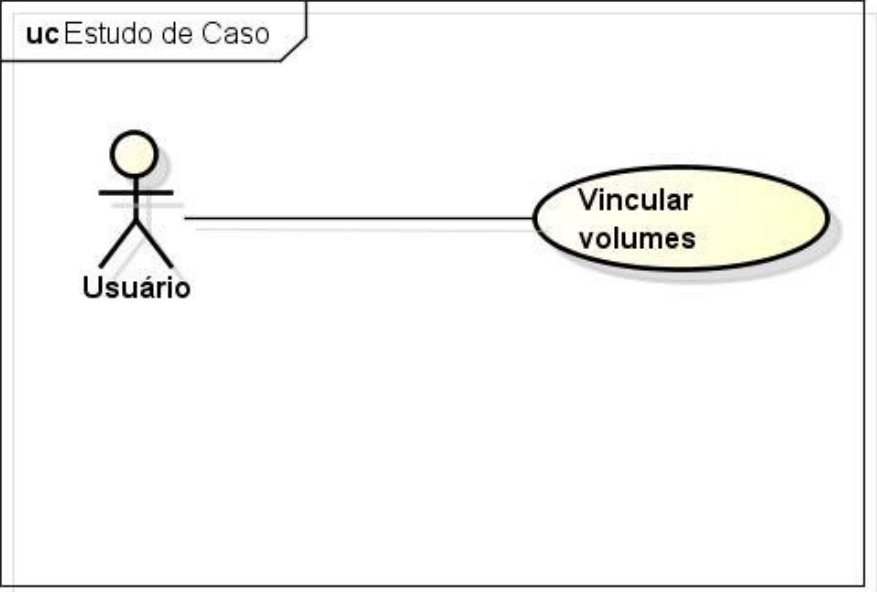
<b>Campos de Formulário</b>	Número da minuta e código da área de movimentação.
<b>Protótipo de interface com Usuário</b>	

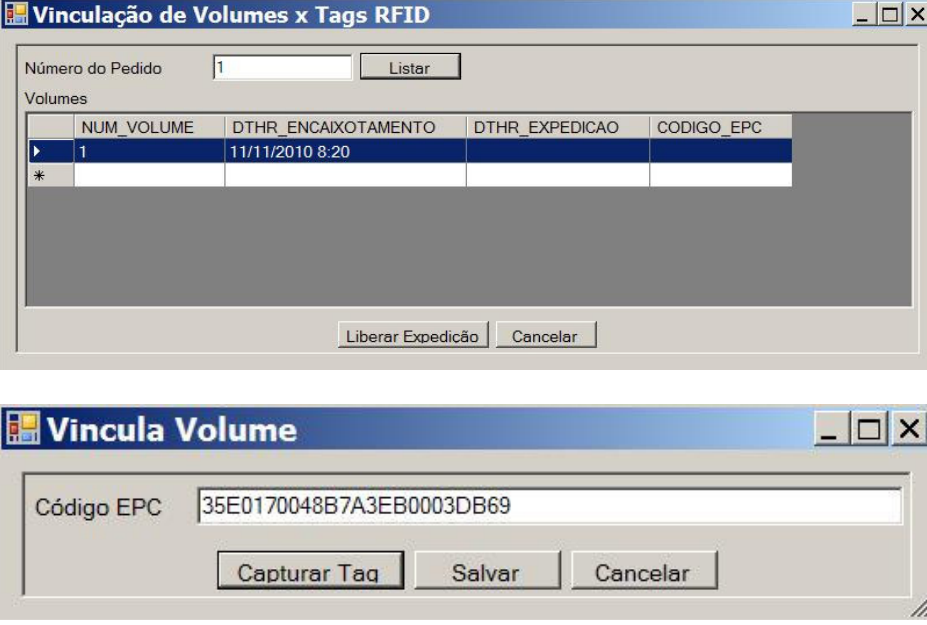


**Figura 49. Diagrama de seqüência para vincular as minutas**

**Tabela 25. Caso de uso para vincular volumes**

<i>Sistema: Estudo de caso</i>	
<b>Caso de Uso</b>	Vincular volumes

<p><b>Representação</b></p>		
<p><b>Descrição</b></p>	<p>Vincular os volumes para expedição com as <i>tags RFID</i>.</p>	
<p><b>Ator</b></p>	<p>Usuário.</p>	
	<p><b>Ações do Ator</b></p>	<p><b>Ações do Sistema</b></p>
<p><b>Fluxo Principal</b></p>	<p>Informar o número do pedido e clicar no botão listar.</p> <p>Selecionar o volume a ser vinculado.</p> <p>Clica no botão capturar <i>tag</i>.</p> <p>Clica no botão salvar.</p> <p>Clica no botão cancelar.</p>	<p>O sistema mostra os volumes do pedido.</p> <p>O sistema abre o formulário para vincular a <i>tag</i> ao volume.</p> <p>O sistema apresenta a <i>tag</i> capturado para ser vinculada ao volume.</p> <p>O sistema faz a vinculação da <i>tag</i> capturada com o volume selecionado.</p> <p>O sistema fecha o formulário.</p>
<p><b>Fluxo Alternativo (1)</b></p>	<p>Informar o número do pedido e clicar no botão listar.</p>	<p>Se o número do pedido não for informado, o sistema apresenta uma mensagem para o usuário.</p>
<p><b>Fluxo Alternativo (2)</b></p>	<p>Clica no botão capturar <i>tag</i>.</p>	<p>Caso já a <i>tag</i> já tenha sido vinculada a algum outro volume, uma mensagem é apresentada ao usuário.</p>
<p><b>Pré-Condições</b></p>	<p>O pedido e o volume devem existir. O leitor <i>RFID</i> deve estar configurado.</p>	

<b><i>Pós- Condições</i></b>	O volume deve estar com a informação da <i>tag</i> que foi capturada.
<b><i>Requisitos Funcionais Associados</i></b>	RF04.
<b><i>Campos de Formulário</i></b>	Número do pedido, número do volume e código <i>ECP</i> da <i>tag</i> .
<b><i>Protótipo de interface com Usuário</i></b>	

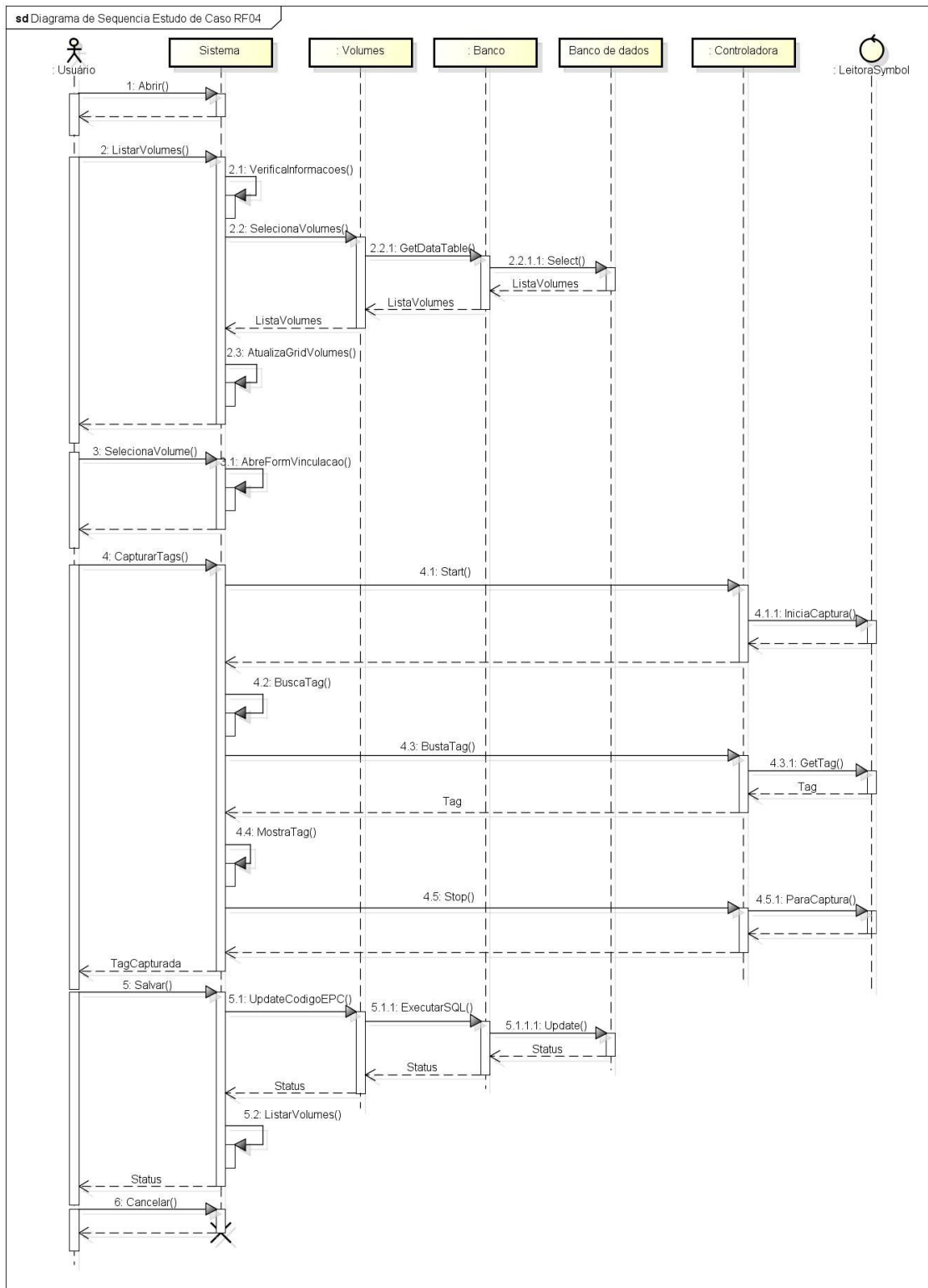



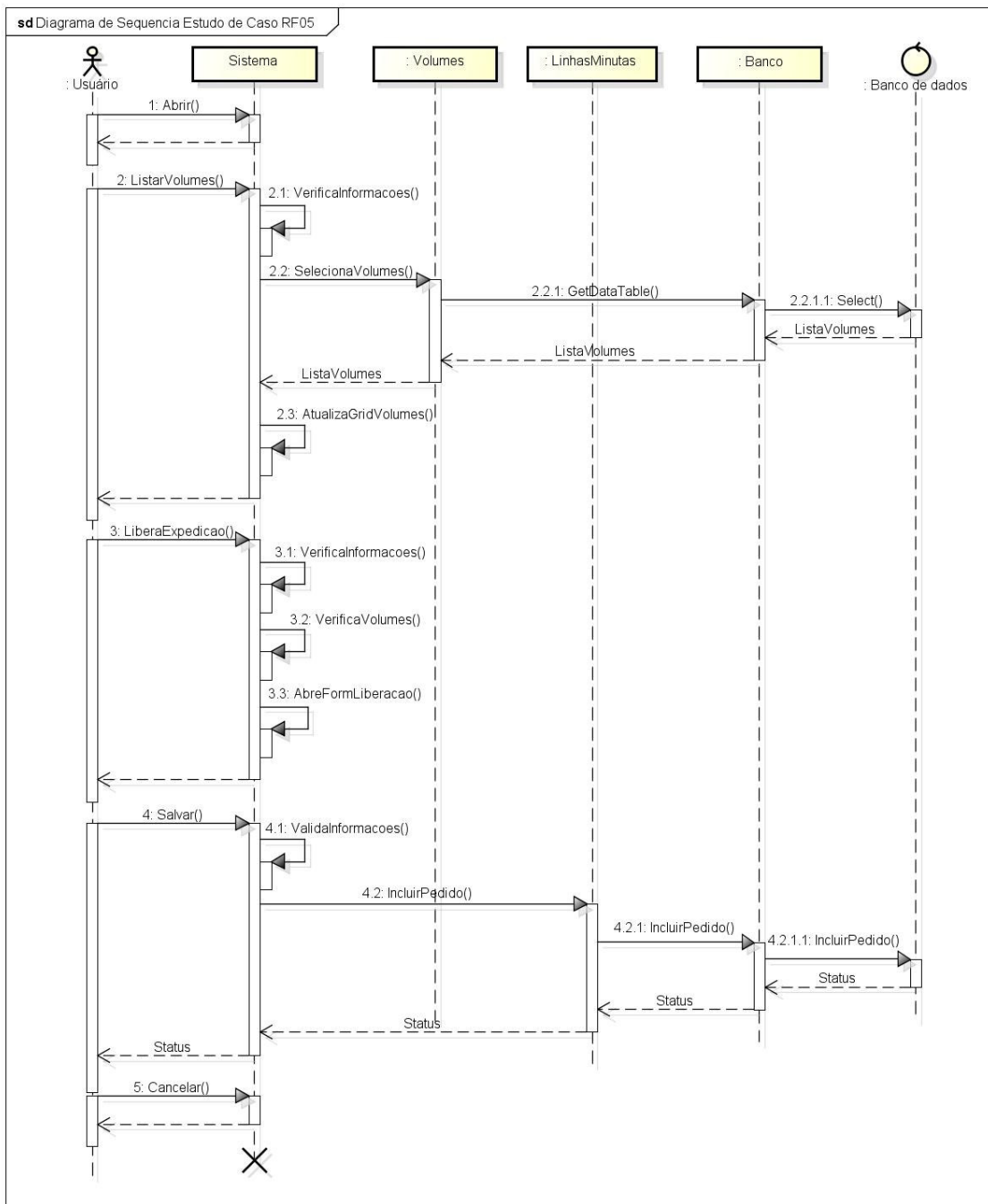
Figura 50. Diagrama de seqüência para vincular volumes

Tabela 26. Caso de uso para liberar pedidos para expedição

<i>Sistema: Estudo de caso</i>		
<i>Caso de Uso</i>	Liberar pedidos para expedição.	
<i>Representação</i>		
<i>Descrição</i>	Liberar pedidos para expedição.	
<i>Ator</i>	Usuário.	
	<i>Ações do Ator</i>	<i>Ações do Sistema</i>
<i>Fluxo Principal</i>	<p>Informar o número do pedido e clica no botão listar.</p> <p>Clica no botão liberar expedição.</p> <p>Informa o número da minuta de transporte e clica no botão salvar.</p> <p>Clica no botão cancelar.</p>	<p>O sistema mostra os volumes do pedido.</p> <p>O sistema abre o formulário para liberar a expedição.</p> <p>O sistema inclui o pedido selecionado na minuta de transporte informada.</p> <p>O sistema fecha o formulário.</p>
<i>Fluxo Alternativo (1)</i>	Informar o número do pedido e clica no botão listar.	Se o número do pedido não for informado, o sistema apresenta ma mensagem para o usuário.
<i>Fluxo Alternativo (2)</i>	Informar o número da minuta e clica no botão salvar.	Se o número da minuta não for informado, o sistema apresenta ma mensagem para o usuário.
<i>Pré-Condições</i>	O pedido deve estar selecionado. A minuta de transporte deve estar cadastrada.	
<i>Pós-Condições</i>	O pedido deve estar inserido na minuta.	



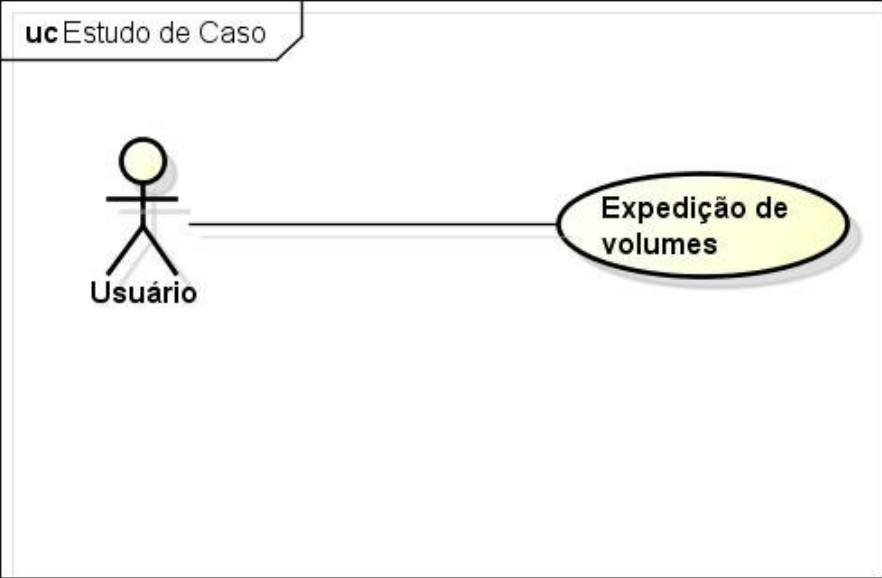
<b>Requisitos Funcionais Associados</b>	RF05.
<b>Campos de Formulário</b>	Número da minuta de transporte.
<b>Protótipo de interface com Usuário</b>	

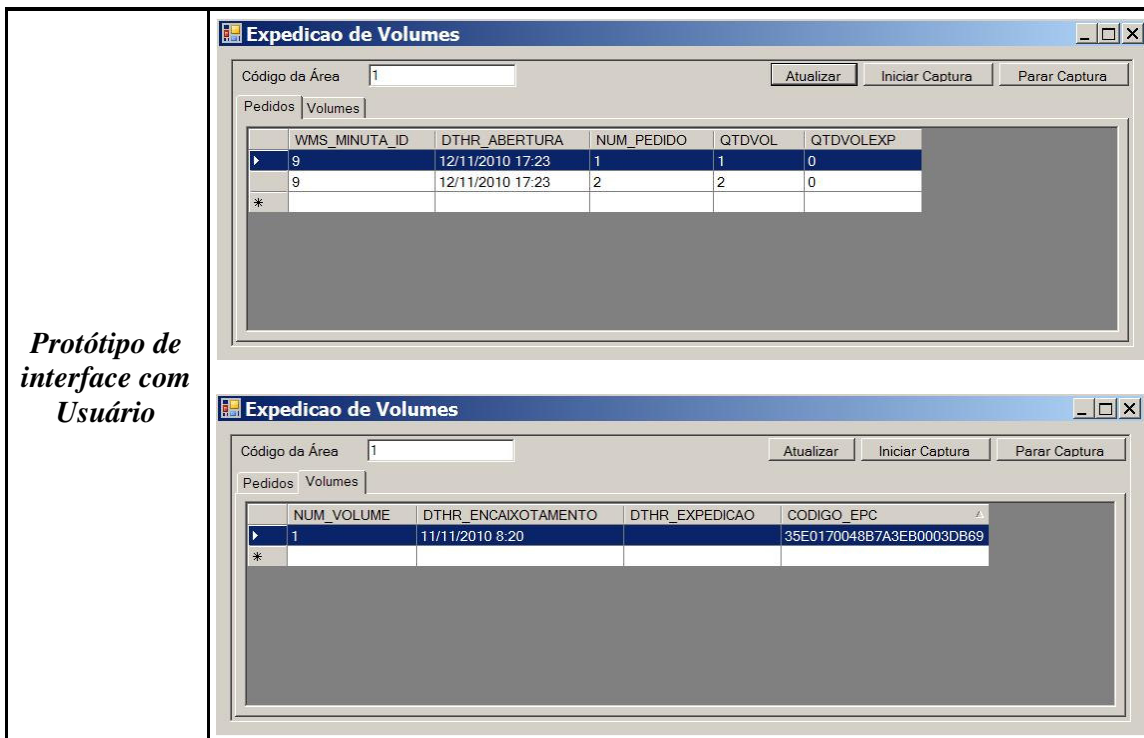


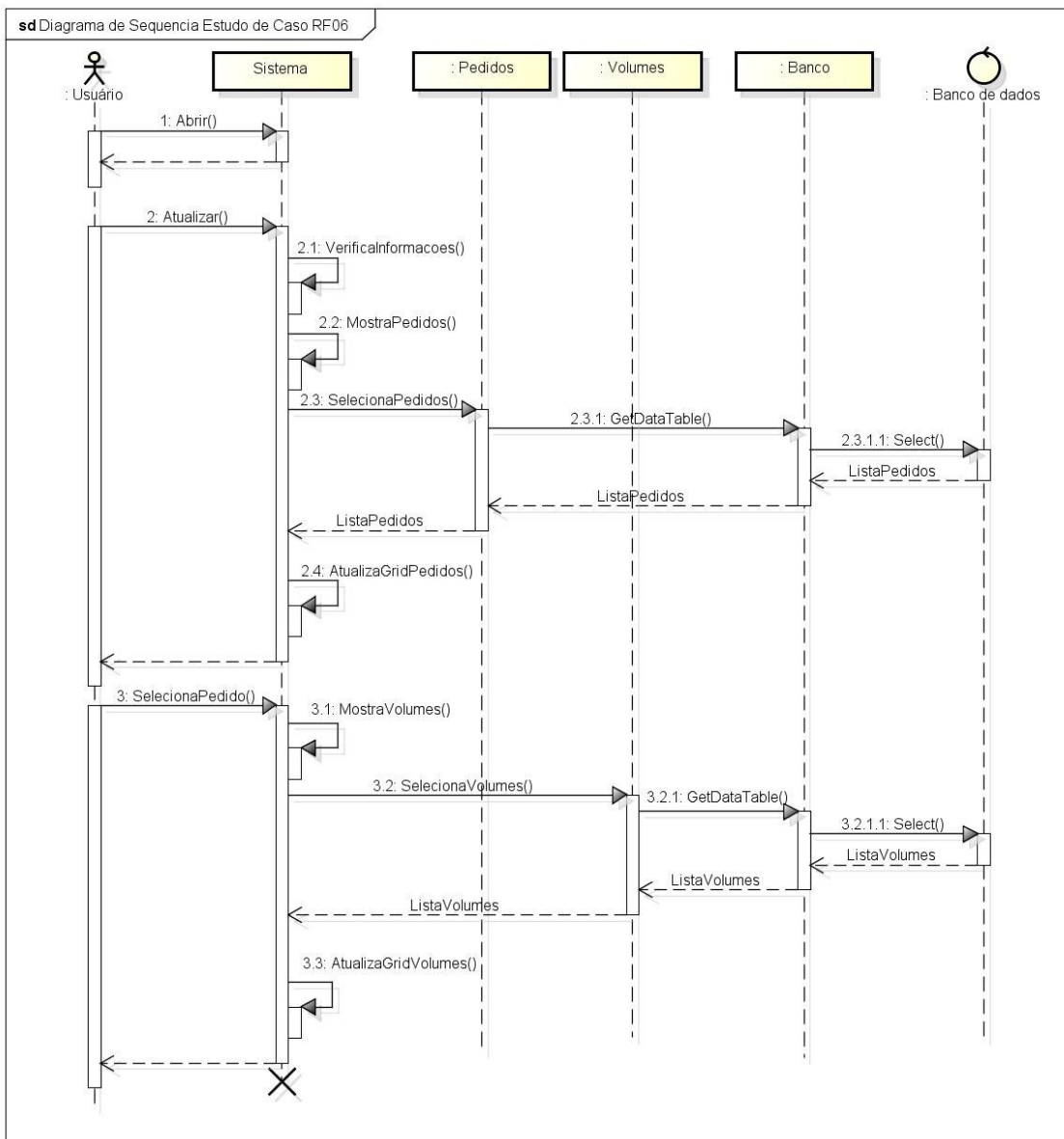
**Figura 51. Diagrama de seqüência para liberar pedidos para expedição**

**Tabela 27. Caso de uso para a expedição de volumes**

<i>Sistema: Estudo de caso</i>	
<b>Caso de Uso</b>	Expedição de volumes.

<b>Representação</b>		
<b>Descrição</b>	Acompanhamento da expedição de volumes.	
<b>Ator</b>	Usuário.	
	<b>Ações do Ator</b>	<b>Ações do Sistema</b>
<b>Fluxo Principal</b>	<p>Informar o código da área de movimentação e clica no botão atualizar.</p> <p>Seleciona um pedido.</p>	<p>O sistema mostra os pedidos que estão liberados para a área de movimentação.</p> <p>O sistema mostra os volumes do pedido selecionado.</p>
<b>Fluxo Alternativo (1)</b>	Informar o código da área de movimentação e clica no botão atualizar.	Se o código da área de movimentação não for informado, o sistema mostra uma mensagem ao usuário.
<b>Pré-Condições</b>	A área de movimentação deve algum pedido liberado para expedição.	
<b>Pós-Condições</b>	Os pedidos que estão liberados para a expedição para a área selecionada devem ser mostrados na tela.	
<b>Requisitos Funcionais Associados</b>	RF06.	
<b>Campos de Formulário</b>	Código da área de movimentação e campo apropriado para visualizar os pedidos liberados para expedição e seus volumes.	

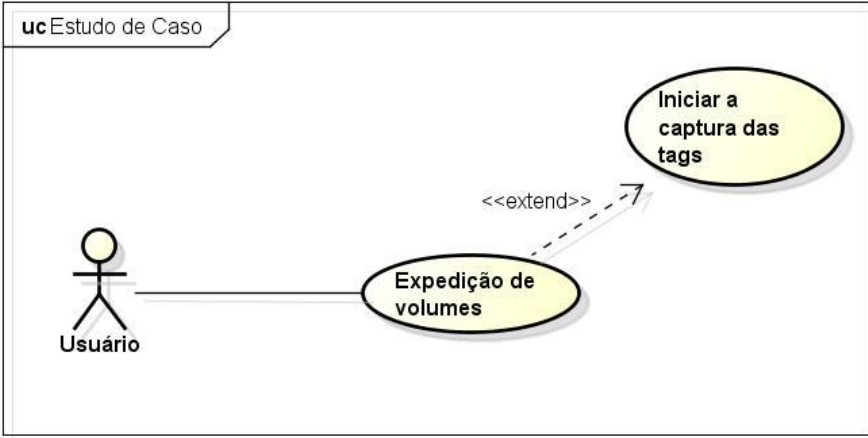
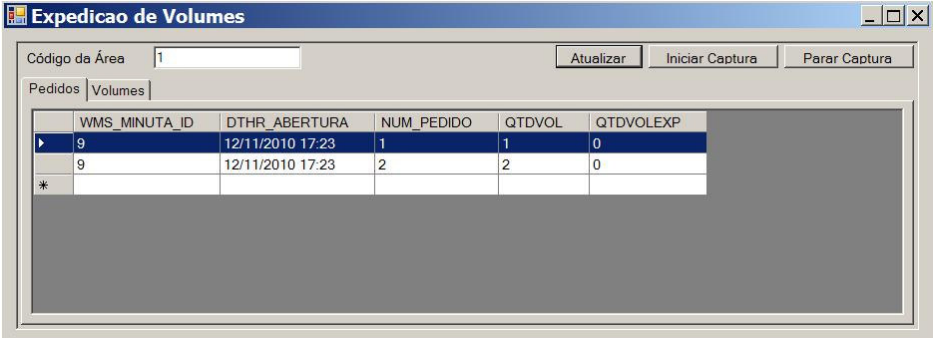


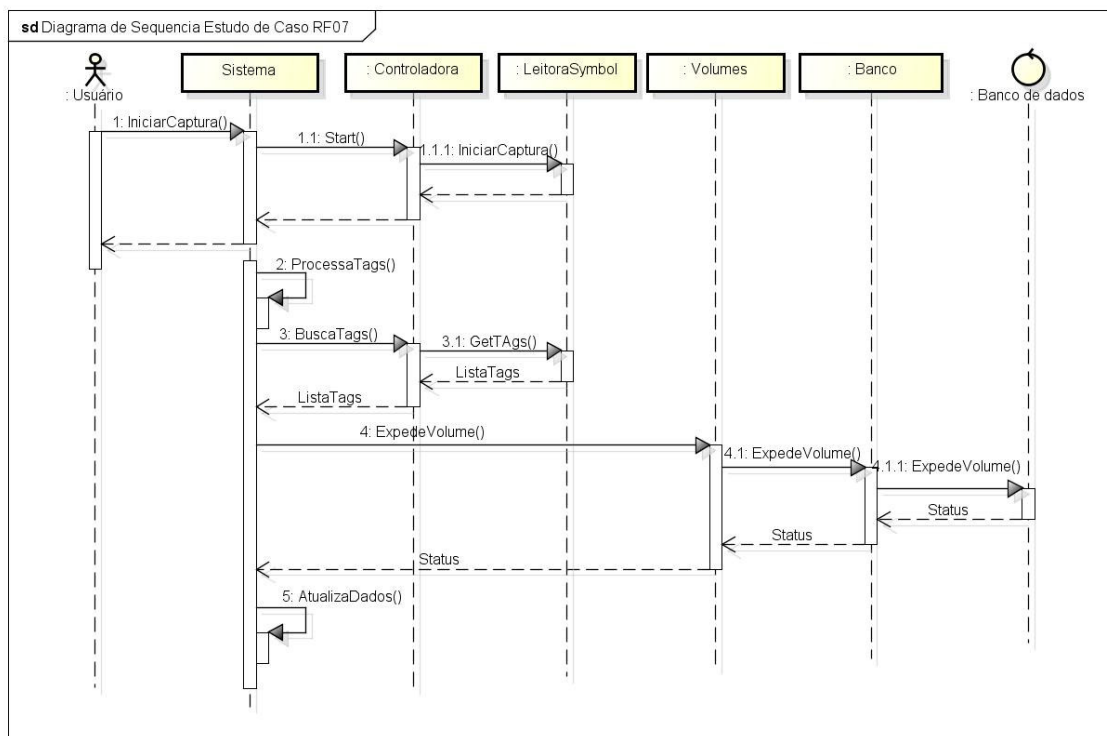
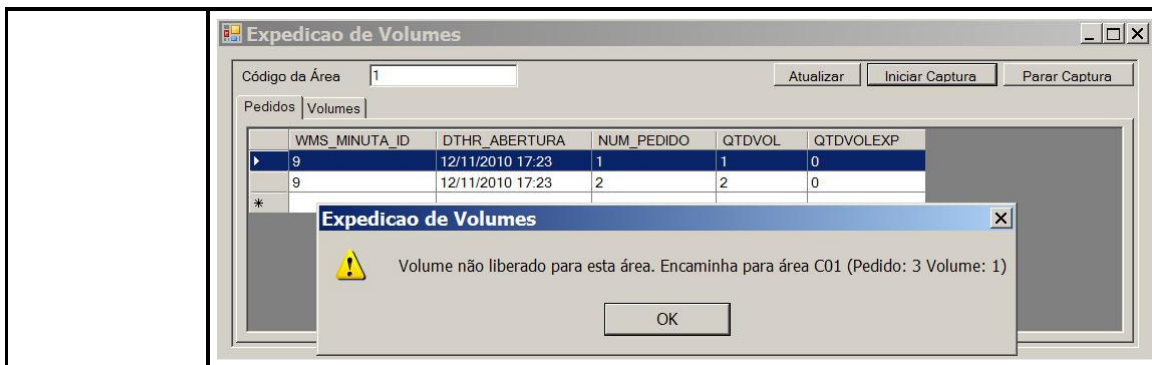


**Figura 52. Diagrama de seqüência para expedição de volumes**

**Tabela 28. Caso de uso para iniciar a captura das tags**

<i>Sistema: Estudo de caso</i>	
<i>Caso de Uso</i>	Iniciar captura das tags.

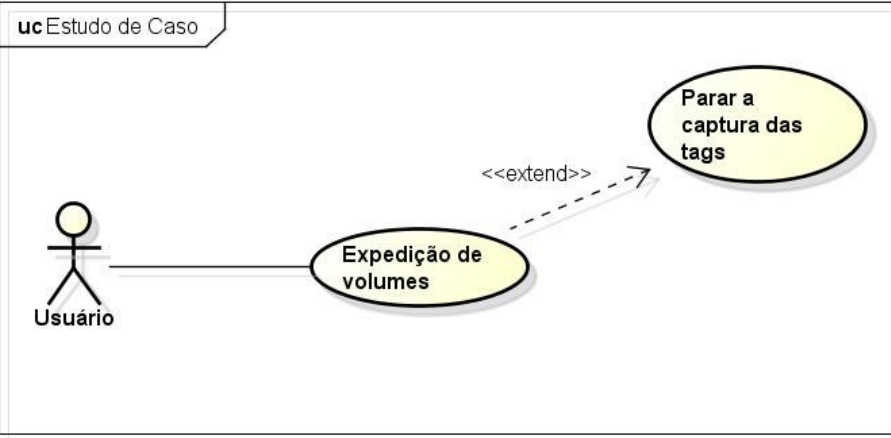
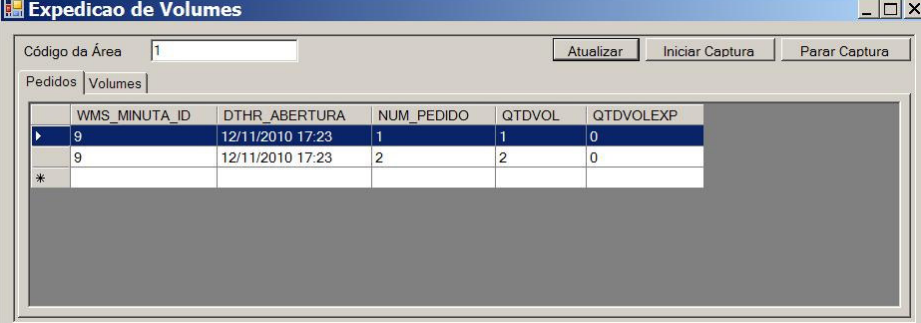
<p><b>Representação</b></p>		
<p><b>Descrição</b></p>	<p>Iniciar captura das <i>tags</i>.</p>	
<p><b>Ator</b></p>	<p>Usuário.</p>	
	<p><b>Ações do Ator</b></p>	<p><b>Ações do Sistema</b></p>
<p><b>Fluxo Principal</b></p>	<p>O usuário clica no botão iniciar captura.</p>	<p>O sistema inicia a captura das <i>tags</i>. O sistema marca os volumes cujas <i>tags</i> forem capturadas. O sistema atualiza a tela de pedidos.</p>
<p><b>Fluxo Alternativo (1)</b></p>	<p>O usuário anota as informações e toma as providências cabíveis.</p>	<p>O sistema emite uma mensagem de aviso ao usuário caso ocorra alguma divergência.</p>
<p><b>Pré-Condições</b></p>	<p>Os volumes devem estar vinculados as <i>tags</i>. Os pedidos devem estar liberados para expedição.</p>	
<p><b>Pós-Condições</b></p>	<p>Os volumes devem conter a data e hora em que foram em que as <i>tags</i> vinculadas forem capturadas.</p>	
<p><b>Requisitos Funcionais Associados</b></p>	<p>RF07.</p>	
<p><b>Protótipo de interface com Usuário</b></p>		



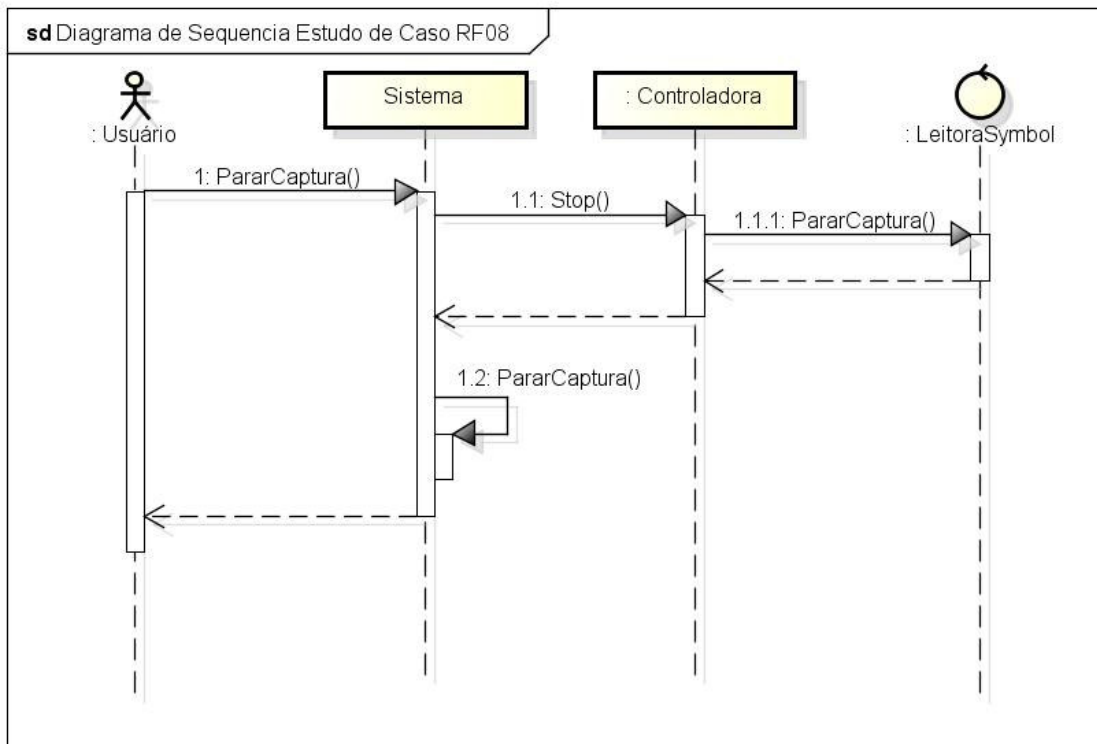
**Figura 53. Diagrama de seqüência para iniciar captura das tags**

**Tabela 29. Caso de uso para parar a captura das tags**

<i>Sistema: Estudo de caso</i>	
<b>Caso de Uso</b>	Parar captura das tags.

<b>Representação</b>		
<b>Descrição</b>	Parar captura das <i>tags</i> .	
<b>Ator</b>	Usuário.	
	<b>Ações do Ator</b>	<b>Ações do Sistema</b>
<b>Fluxo Principal</b>	O usuário clica no botão parar captura.	O sistema para a captura das <i>tags</i> .
<b>Pré-Condições</b>	O protótipo deve estar capturando as <i>tags</i> .	
<b>Pós-Condições</b>	A captura das <i>tags</i> deve estar parada.	
<b>Requisitos Funcionais Associados</b>	RF08.	
<b>Protótipo de interface com Usuário</b>		

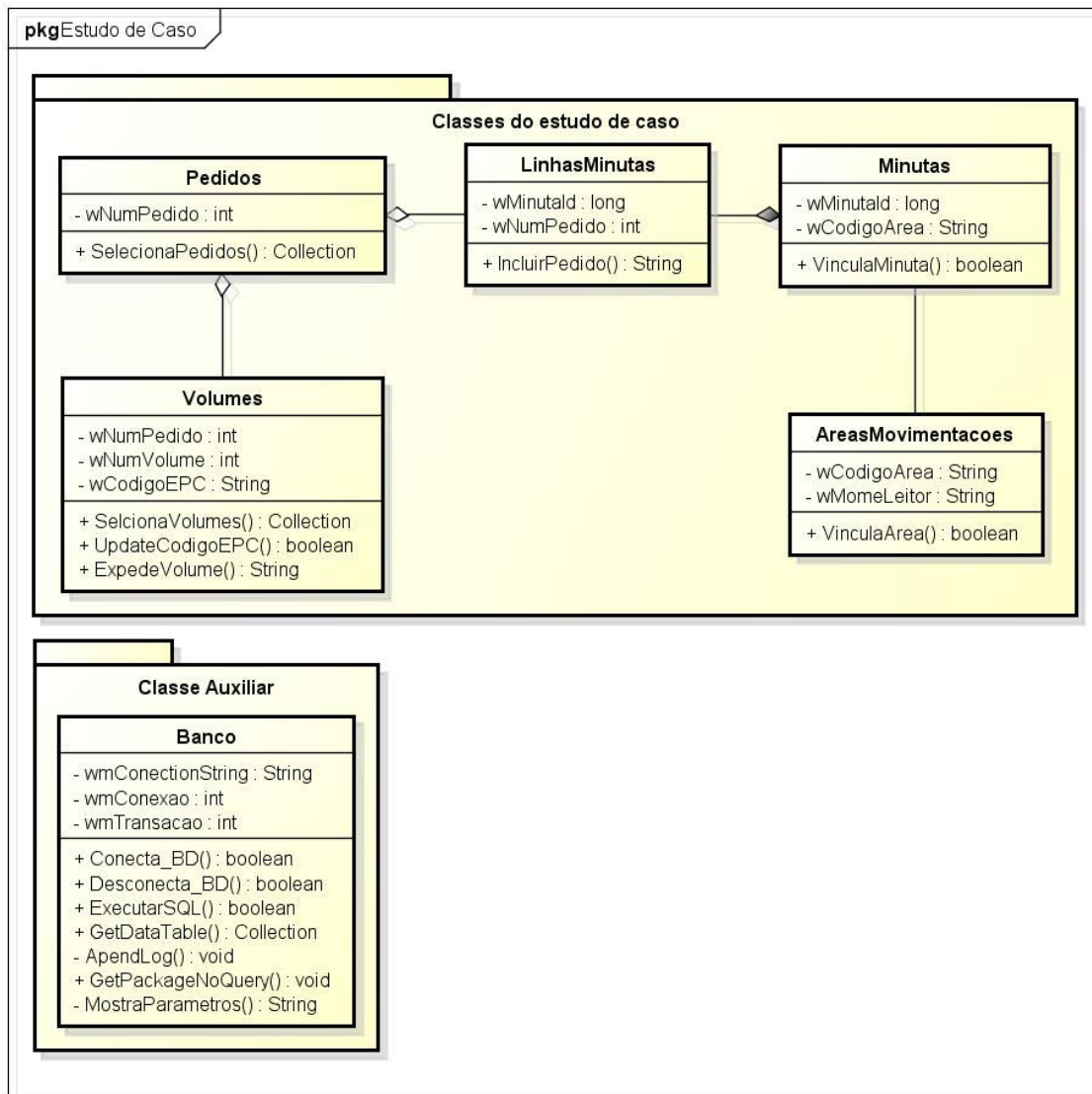




**Figura 54. Diagrama de seqüência para parar as captura das tags**

O diagrama de atividades identificado para o processo de expedição de volumes do estudo de caso é semelhante ao diagrama de atividades do protótipo apresentado na Figura 41 da Seção 4.5.3. O que difere os dois é que no estudo de caso as *tags* capturadas são enviadas ao banco de dados para marcar os volumes como expedidos e no protótipo as *tags* são apresentadas na tela e gravadas no banco sem qualquer tratamento.

A Figura 55 mostra o modelo de classes extraído dos casos de uso e dos diagramas de seqüências do estudo de caso.



**Figura 55. Diagrama de classes do estudo de caso**

A Figura 56 mostra o Diagrama ER identificado para atender a integração do protótipo com o *FullWMS*.

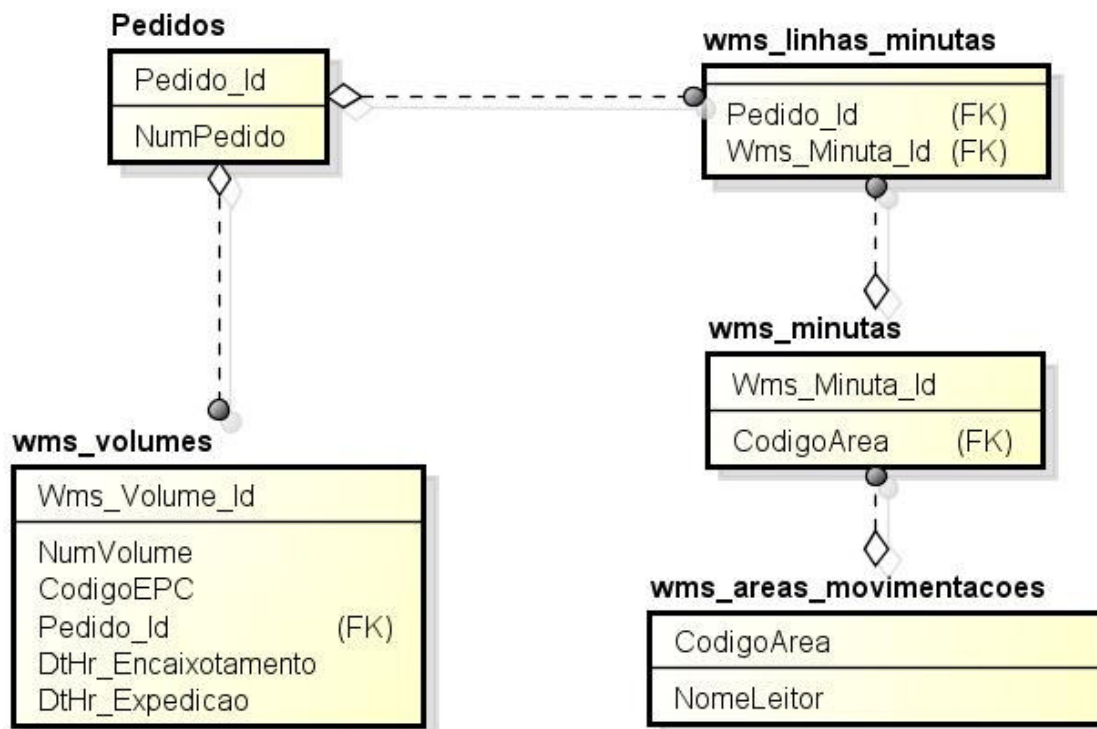


Figura 56. Diagrama ER do estudo de caso

## 6 Conclusão

A Tecnologia *RFID* tem se mostrado cada vez mais útil em nosso dia-a-dia. São várias as maneiras onde se pode usufruir de seus benefícios. Frequentemente se tem notícia de uma nova forma de utilização da Tecnologia *RFID*. Na área da logística isso também vem ocorrendo com frequência devido ao grande número de lacunas que ainda não foram exploradas por essa tecnologia.

O *software WMS* é um bom exemplo disso. No Capítulo 3 foram apresentados seus conceitos e suas peculiaridades, e se pode comprovar que existe uma grande área para se trabalhar e implementar aplicações usando a Tecnologia *RFID*.

O objetivo deste trabalho foi realizar uma pesquisa sobre a Tecnologia *RFID* e elaborar um protótipo experimental para fazer uma integração com um sistema de gerenciamento de armazéns (*WMS*), e implementar um estudo de caso para integrar como *software FullWMS* da empresa *FullSoft*.

Ao longo do trabalho surgiram questões quanto a utilização do *Middleware RFID* apresentado na Seção 2.3.4. Descobriu-se que se trata de uma ferramenta proprietária e de grande complexidade, o que tornou inviável a sua utilização como citado na Seção 4.1. Entretanto, o equipamento utilizado para o desenvolvimento do protótipo e no estudo de caso, apresentado na Seção 4.3 e ilustrado Figura 30, possui uma interface de fácil utilização para processos simples. Isto facilitou a comunicação do equipamento e contribuiu de forma positiva na realização do trabalho.

No desenvolvimento do protótipo, apresentado no Capítulo 4 e no estudo de caso apresentado no Capítulo 5, pode-se comprovar os benefícios da utilização da Tecnologia *RFID*. Assim como em processos que não estão ligados diretamente a área de logística, sua utilização trouxe um grande avanço tanto em termos de correção e confiabilidade, quanto em agilidade. O processo de expedição de volumes do *FullWMS*, apresentado na Seção 3.4.1, apresentava alguns problemas operacionais, cuja tecnologia utilizada até então, código de barras, não tinha meios de resolvê-los. Com o estudo de caso apresentado na Seção 5.1.1, uma

nova alternativa surgiu na tentativa de resolver tais problemas. Tecnicamente o processo de expedição de volumes apresentou uma grande melhora, principalmente no controle de volumes que não estavam liberados, ou que pertenciam a outros pedidos, evitando assim que fossem embarcados em locais errados. As experiências obtidas durante a confecção do estudo de caso certamente darão um grande embasamento para desenvolver futuras integrações com o *FullWMS*.

Foram encontrados vários casos de uso da Tecnologia *RFID* na área da logística, como o da empresa *Megatrux, Inc.*(MOTOROLA, 2007). Com sede em Rancho Cucamonga, Califórnia, possui nove filiais de serviço de gestão de cargas e oito armazéns, é uma das cem maiores empresas varejistas da cadeia global de suprimentos. De forma semelhante, a empresa implantou a Tecnologia *RFID* em seus depósitos, integrando com o seu *software* de *WMS*. Entretanto, neste caso a integração foi realizada em grande escala, utilizando vários equipamentos e inclusive utilizando *Middleware RFID*. Segundo a empresa os benefícios foram a melhora do serviço, diminuição dos erros e redução dos custos de trabalho sem contar no rápido retorno do investimento.

Para o estudo de caso apresentado neste trabalho, alguns aspectos devem ser levados em consideração para trabalhos futuros. Durante o desenvolvimento do protótipo e do aplicativo para o estudo de caso, não foram levados em consideração aspectos importantes como performance e carga de utilização de rede. Estes pontos devem ser alvos de estudos futuros devido ao seu grande impacto nos processos apresentados, bem como na infraestrutura das empresas. Devido ao grande tráfego de informações pela rede, uma alternativa poderia ser colocar a infra-estrutura da Tecnologia *RFID* em uma rede separada da utilizada pelos sistemas corporativos.

Outros trabalhos poderiam ser desenvolvidos nos outros processos do *WMS* que foram citados na apresentação do *FullWMS* mostrado na Seção 3.4. Existem várias processos que podem ser preenchidas com a Tecnologia *RFID* que certamente terão uma sensível melhora.

## 7 Referências

BERTOLINI. *Sistemas de Armazenagens*. 2009. Disponível em: <<http://www.bertoliniarmazenagem.com.br/por/>>. Acesso em: 09/10/2010.

BOAS, GUSTAVO. *No Brasil, pedágios e bois usam tecnologia RFID*. Folha de São Paulo (2008). Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/informatica/ult124u370806.shtml>>. Acesso em: 14/07/2010.

BOMBANA, E. P. *Controle e Auditagem de Estoque Integrado a Um Sistema de Gerenciamento de Armazéns (WMS – WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEMS)*. Caxias do sul. Universidade de Caxias do Sul. 2010.

EPCGLOBAL, GS1. *Regulatory Status for Using RFID in the UHF Spectrum*. 2010. Disponível em: <[http://www.epcglobalinc.org/tech/freq\\_reg/RFID\\_at\\_UHF\\_Regulations\\_20100824.pdf](http://www.epcglobalinc.org/tech/freq_reg/RFID_at_UHF_Regulations_20100824.pdf)>. Acesso em: 07/09/2010.

EPCGLOBAL, GS1. *Class 1 Generation 2 UHF Air Interface Protocol Standart “Gen 2”*. 2010. Disponível em: <<http://www.epcglobalinc.org/standards/uhfc1g2>>. Acesso em: 12/09/2010.

GLOVER, Bill; BHATT, Himanshu. *Fundamentos de RFID*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2007

GOMES, C. F. S.; RIBEIRO, P. C. C. *Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

INTERMEC, Inc. *Soluções RFID Escaláveis por Experts da Indústria*. 2010. Disponível em: <<http://www.intermec.com.br/products/rfid/index.aspx>>. Acesso em: 25/09/2010.

ISO. *International Standards for Business, Government and Society*. 2010. Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/search.htm?qt=Supply+chain+applications+of+RFID&searchSubmit=Search&sort=rel&type=simple&published=on>>. Acesso em: 20/09/2010.

JUNIOR, Levi F. L. *A Tecnologia de RFID no Padrão EPC e Soluções para Implementação desta Tecnologia em Empilhadeiras*. São Paulo. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2006. Disponível em: <[http://www.mbis.pucsp.br/monografias/Monografia\\_-\\_Levi\\_Ferreira.pdf](http://www.mbis.pucsp.br/monografias/Monografia_-_Levi_Ferreira.pdf)>. Acesso em: 07/09/2010.

- LANDT, J. *Shrouds of Time The history of RFID*. Pittsburg, AIM Inc., 2001. Disponível em: <[http://www.transcore.com/pdf/AIM%20shrouds\\_of\\_time.pdf](http://www.transcore.com/pdf/AIM%20shrouds_of_time.pdf)>. Acesso em: 13/07/2010.
- MAROZ, R. LTDA. *Understanding Radio Frequency Identification (RFID)*. 2004. Disponível em: <<http://www.rmoroz.com/rfid.html>>. Acesso em: 14/08/2010.
- MICROSOFT, C. *Visão Geral Conceitual do .NET Framework*. 2010. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/zw4w595w.aspx>>. Acesso em: 02/10/2010.
- MOTOROLA, INC. *The next-generation warehouse: Megatrux improves service and reduces costs whit RFID*. 2007. Disponível em: <[http://www.motorola.com/web/Business/Solutions/Industry%20Solutions/RFID%20Solution/s/Documents/Static%20Flies/CS\\_Megatrux\\_1007.pdf](http://www.motorola.com/web/Business/Solutions/Industry%20Solutions/RFID%20Solution/s/Documents/Static%20Flies/CS_Megatrux_1007.pdf)>. Acesso em: 12/11/2010.
- NOVAES, A. G. *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- ORACLE, C. *Oracle Database 10g Express Edition*. 2010. Disponível em: <<http://www.oracle.com/lang/pt/technology/products/database/xe/index.html>>. Acesso em: 02/10/2010.
- PRAMARI. *Rifidi Edge Server: Business Ready, Open Source RFID Edge Server*. 2010. Disponível em: <<http://www.pramari.com/solutions/rifidi-edge-server>>. Acesso em: 12/11/2010.
- QUENTAL JR., ANTONIO J. J. *Adoção e Implantação de RFID, Uma Visão Gerencial da Cadeia de Suprimentos*. São Paulo. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2006. Disponível em: <[http://www.mbis.pucsp.br/monografias/Monografia\\_-\\_Antonio\\_Quental.pdf](http://www.mbis.pucsp.br/monografias/Monografia_-_Antonio_Quental.pdf)>. Acesso em: 12/09/2010.
- SANTINI, Arthur G. *RFID: Conceitos, Aplicabilidades e Impactos*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- SYSTEMS, RFID. *Produtos UHF EPC*. 2010. Disponível em: <[http://www.rfidsystems.com.br/listar\\_produtos.php?grupo=EPC&lista=epc](http://www.rfidsystems.com.br/listar_produtos.php?grupo=EPC&lista=epc)>. Acesso em: 25/09/2010.
- RFID JOURNAL, INC. *A Summary of RFID Standards*. 2010. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article/view/1335/1/129/>>. Acesso em: 20/09/2010.
- RFID JOURNAL, INC. *RFID System Components and Costs*. 2005. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1336/1/129/>>. Acesso em: 02/10/2010.
- RFID JOURNAL, INC. *The Basics of RFID Technology*. 2005. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1337/1/129/>>. Acesso em: 13/07/2010.
- RFID JOURNAL, INC. *The End of RFID Middleware?*. 2006. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article/view/2035>>. Acesso em: 12/11/2010.
- RFID JOURNAL, INC. *What is RFID?*. 2005. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article/view/1339/1/129>>. Acesso em: 13/07/2010.

## ANEXO A – Código fonte do protótipo

Código fonte da classe *LeitoraSymbol*, com os principais métodos implementados.

```
using System;
using System.Collections;
using System.Threading;
using System.Xml;

namespace TCC_RFID.Classes
{
    public class LeitoraSymbol : Leitora
    {
        public LeitoraSymbol()
        {
            this.Fabricante = Fabricantes.Symbol;
        }

        #region Metodos

        public override string BuscaListaTags()
        {
            return "http://" + this.EnderecoIP + "/cgi_bin/dataProxy?oper=queryTags&invis=1&ascTime=1&rssi=1";
        }

        public override string LimpaBuffer()
        {
            return "http://" + this.EnderecoIP + "/cgi_bin/dataProxy?oper=purgeAllTags&clean=1";
        }

        public override void BuscaTags()
        {
            this.XmlDoc = new XmlDocument();
            XmlDocument wlTemp = new XmlDocument();

            try
            {
                while (this.Capturar)
                {
                    lock (this.Lock)
                    {
                        this.Captura++;

                        //captura a lista de tags
                        this.XmlDoc.Load(this.BuscaListaTags());

                        //limpa buffer do leitor
                        wlTemp.Load(this.LimpaBuffer());

                        //processa tags
                        this.ProcessaTags();

                        Thread.Sleep(this.IntervaloBuscaTags);
                    }
                }
            }
        }
    }
}
```



```

    }
    catch
    {
        this.Capturar = false;
    }
}

public override ArrayList GetTags()
{
    ArrayList wlRetorno = new ArrayList();

    if (this.CapturaLida < this.Captura)
    {
        this.CapturaLida++;

        if (this.ListaTags.ContainsKey(this.CapturaLida))
            wlRetorno = (ArrayList)this.ListaTags[this.CapturaLida];
    }

    return wlRetorno;
}

public override Tags GetTag()
{
    Tags wlTags = null;

    if (this.CapturaLida < this.Captura)
    {
        this.CapturaLida++;

        if (this.ListaTags.ContainsKey(this.CapturaLida))
            if (((ArrayList)this.ListaTags[this.CapturaLida]).Count > 0)
                wlTags = (Tags)((ArrayList)this.ListaTags[this.CapturaLida])[0];
    }

    return wlTags;
}

public override void ProcessaTags()
{
    XmlNodeList wlNodeList = this.XmlDoc.ChildNodes.Item(1).ChildNodes.Item(0).ChildNodes.Item(0).ChildNodes;
    Tags wlTags;
    string wlTime = String.Empty;
    ArrayList wlListaTags = new ArrayList();
    string wlCodigoEPC = String.Empty;
    bool wJJaLeu = false;

    for (int i = 0; i < wlNodeList.Count; i++)
    {
        try
        {
            wlTime = wlNodeList[i].Attributes.GetNamedItem("time").InnerText;
        }
        catch { }
        wlCodigoEPC = wlNodeList[i].Attributes.GetNamedItem("raw").InnerText;
        wJJaLeu = this.TagsLidas.ContainsKey(wlCodigoEPC);

        if (!this.ControlaRedundancia || !wJJaLeu)
        {
            wlTags = new Tags();
            wlTags.Leitor = this;
            wlTags.Captura = this.Captura;
            wlTags.CodigoEPC = wlCodigoEPC;
            wlTags.Time = wlTime;
            wlListaTags.Add(wlTags);
            if (!wJJaLeu)
                this.TagsLidas.Add(wlCodigoEPC, wlTags);
        }
    }
}

```

```
    }  
  }  
  
  if (wListaTags.Count > 0)  
    this.ListaTags.Add(this.Captura, wListaTags);  
}  
  
public override void Alerta(string paMensagem)  
{  
}  
  
#endregion Metodos  
}  
}
```

## ANEXO B – Código fonte do estudo de caso

Código fonte do método para processar as *tags* na expedição de volumes.

```
private void ProcessaTags()
{
    try
    {
        Volumes wVolumes = new Volumes();

        lock (Util.wgControladora.Leitor.Lock)
        {
            ArrayList wListaTags = Util.wgControladora.BuscaTags();

            for (int i = 0; i < wListaTags.Count; i++)
            {
                wVolumes.CodigoEPC = ((Tags)wListaTags[i]).CodigoEPC;
                string wRet = wVolumes.ExpedeVolume(((Tags)wListaTags[i]).Leitor.Fabricante.ToString() + "-" +
                ((Tags)wListaTags[i]).Leitor.Tipo.ToString());

                if (wRet.Split('^')[0] != "S")
                {
                    ((Tags)wListaTags[i]).Leitor.Alerta(wRet.Split('^')[1]);
                    MessageBox.Show(wRet.Split('^')[1], this.Text, MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Exclamation);
                }
                this.MostraPedidos();
            }
        }
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message, this.Text, MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Exclamation);
    }
}
```