

N. CLASS. M621.38912  
CUTTER B823u  
ANO/EDIÇÃO 2015

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS-MG**  
**BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**  
**HENDRIX FRANCISCO CAMARGO BRASILIENSE**

**O USO DO RFID: Rastreabilidade de bag em armazém de café**

**Varginha/MG**  
**2015**

**FEPESMIG**

**HENDRIX FRANCISCO CAMARGO BRASILIENSE**

**O USO DO RFID: Rastreabilidade de bag em armazém de café**

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Andrea Cristina Oliveira Alves.

**Varginha/MG  
2015**

**HENDRIX FRANCISCO CAMARGO BRASILIENSE**



## **O USO DO RFID: Rastreabilidade de bag em armazém de café**

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em     /     /

---

Professora. Ma. Andrea Cristina Oliveira Alves

---

Prof. Dra. Leticia Rodrigues da Fonseca

OBS.:

Dedico esse trabalho a minha família, amigos e professores que contribuíram para sua realização.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e aos irmãos espirituais pela oportunidade, ao Centro Universitário Sul de Minas UNIS-MG, Professores e Amigos, a minha orientadora Andrea Cristina Oliveira Alves. Quero especialmente agradecer meu pai Hugo e minha mãe Silvania, minhas irmãs Scheila e Lilian, esposa Flaviana e filha Amanda pela paciência e compreensão por tantas vezes me fazer ausente para que pudesse dedicar-me aos estudos. Aos amigos de trabalho que por muitas vezes lançaram desafios em meu dia-dia, fazendo com que pudesse me aperfeiçoar e desenvolver melhor minhas habilidades, aos amigos Tiago Furbeta pelo incentivo, Antônio Carlos Rodrigues pela oportunidade de conhecer a informática, Sigisfredo, Celso, Daniela Silva, Gian Carlos Araújo por partilharem tão bons momentos e conhecimentos.

## RESUMO

A tecnologia está presente em nosso dia-dia facilitando a execução de nossas tarefas, o presente trabalho mostra de que forma o RFID pode contribuir para com a gestão de armazenamento de *bag's* de café, localização e correto endereçamento. A principio é apresentado os principais conceitos sobre a tecnologia em questão, seu contexto histórico e sua evolução e desenvolvimento. Amparados pelo conceito da tecnologia assim então contextualizamos a aplicação do RFID como solução para o problema apresentado, apoiado com o uso do software de gestão que traz a semântica de negócio da empresa, facilitando a visualização das informações de armazenamento e localização dos *bag's*.

**Palavras-chave:** RFID. Gestão. Armazém. Café.Bag.

## **ABSTACT**

*The technology is present in our daily lives by facilitating the implementation of our tasks, this paper shows how RFID can help with storage management coffee bag's, location and correct address. The principle is presented the main concepts of the technology in question, its historical context and its evolution and development. Supported the concept of the so then contextualize the application of RFID technology as a solution to the problem presented, supported using the management software that brings the company's business semantics, facilitating the visualization of information storage and location of bag's.*

*Keywords: RFID. Management. Warehouse. Coffee. Bag.*

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 11 |
| 1.1 Tema específico.....  | 12 |
| 1.2 Problema de pesquisa .....                                    | 12 |
| 1.3 Problematização .....   | 12 |
| 1.4 Hipóteses .....   | 12 |
| 1.5 Objetivo geral.....   | 13 |
| 1.6 Objetivos Específicos.....                                    | 13 |
| 1.7 Justificativa.....  | 13 |
| 2.0 Referencial teórico .....                                     | 15 |
| 2.1 História e evolução do RFID .....                             | 15 |
| 2.1.2 Tecnologia RFID.....  | 17 |
| 2.2 Conceitos de Radiofrequência para RFID.....                   | 20 |
| 2.2.1 O espectro eletromagnético .....                            | 20 |
| 2.2.2 Propagação .....  | 20 |
| 2.2.3 Faixas de frequências .....                                 | 21 |
| 2.2.4 Efeito multipercursos .....                                 | 21 |
| 2.2.5 Modulação .....   | 22 |
| 2.2.6 Espelhamento espectral .....                                | 22 |
| 2.2.7 Espelhamento espectral com salto de frequência – FHSS ..... | 23 |
| 2.3 Antenas.....  | 24 |
| 2.3.1 Conceito básico de uma antena .....                         | 24 |
| 2.3.2 Dimensões .....   | 25 |
| 2.3.3 Antena Isotrópica .....                                     | 25 |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.4 Diagrama de radiação .....                         | 26 |
| 2.3.5 Ângulo de abertura ou largura de feixe .....       | 26 |
| 2.3.6 Diretividade .....                                 | 26 |
| 2.3.7 Ganho .....  | 27 |
| 2.3.8 Eficiência de irradiação .....                     | 27 |
| 2.3.9 Polarização .....                                  | 27 |
| 2.3.10 Largura de faixa.....                             | 28 |
| 2.4 etiqueta .....                                       | 28 |
| 2.4.1 Componentes de uma etiqueta.....                   | 29 |
| 2.4.2 Classificações das etiquetas.....                  | 30 |
| 2.4.3 Frequências para as etiquetas RFID .....           | 32 |
| 2.4.4 Colisões dos sinais emitidos pelas etiquetas ..... | 33 |
| 2.5 leitor.....  | 35 |
| 2.5.1 Comunicações do leitor .....                       | 36 |
| 2.5.2 Tipos de Leitores .....                            | 36 |
| 2.5.3 Frequências de operação .....                      | 37 |
| 2.5.4 Antena .....                                       | 38 |
| 2.5.5 Zona de Interrogação.....                          | 39 |
| 2.5.6 Controlador.....                                   | 39 |
| 2.5.7 Energizando a etiqueta .....                       | 40 |
| 2.6 middleware .....                                     | 41 |
| 2.6.1 Padrões de Middleware RFID .....                   | 42 |
| 2.7 padrões.....   | 43 |
| 2.7.1 EPC – Código Eletrônico de Produto.....            | 43 |
| 2.7.2 Padrões ISO .....                                  | 45 |
| 3 Metodologia.....                                       | 46 |
| 3.1 Coleta de Dados .....                                | 46 |

|  |    |
|--|----|
| 3.1.2 Levantamento de Requisitos .....             | 47 |
| 3.1.3 Requisitos Funcionais.....                   | 48 |
| 3.1.4 Requisitos Não Funcionais.....               | 50 |
| 3.1.5 Modelagem e Diagramas.....                   | 51 |
| 3.1.6 Diagrama de caso de uso .....                | 51 |
| 3.1.6 Diagrama de entidade de relacionamento ..... | 52 |
| 4.0 estudo de caso.....                            | 54 |
| 4.1 Equipamentos e Sistema .....                   | 55 |
| 5.0 CONCLUSÃO.....                                 | 60 |
| REFERÊNCIAS .....                                  | 62 |

## 1 INTRODUÇÃO

No início dos tempos, o homem contava em pedras e desenhava na parede das cavernas a situação e o ambiente em que viviam como forma de registrar sua história. Com o passar dos séculos, o homem naturalmente evoluiu seus processos, conceitos e cria melhores formas de desenvolver seu trabalho de maneira mais rápida, ágil e eficiente. A tecnologia permitiu que esses processos fossem dessa forma e acrescentou escalabilidade, além de atualmente conectar o mundo e agora mais recentemente conectar as coisas. No entanto o avanço histórico da tecnologia não foi exclusivo do seu setor, esse avanço contribui para melhorias em diversas áreas como: saúde, educação, indústria, em nossas casas, atingiu de modo geral toda a humanidade e seus processos, pensar na vida hoje sem tecnologia é algo inimaginável e intangível.

Dentro da agricultura, a tecnologia é fundamental para os processos, seja na utilização de máquinas e implementos, mapeamento de áreas, agricultura de precisão, plantas geneticamente melhoradas, enfim, a tecnologia está presente em todos os aspectos que compõem o cenário da agroindústria.

Na esfera comercial e de gestão de processos não é diferente, a tecnologia atribuiu valor aos processos e compartilhou as informações. Hoje é possível acompanhar a cotação da bolsa de valores em tempo real. Dessa forma os comercializadores de produtos, como o café, podem acompanhar as variações de mercado e saber qual a melhor hora de vender o produto, gerando mais rentabilidade, ainda mais que estamos na era da informação, que deve chegar de forma rápida e exata para quem precisa tomar a decisão.

Neste cenário o RFID mostra-se como uma tecnologia capaz de contribuir com a melhoria dos processos e gestão. Na cafeicultura, os estoques de armazéns geralmente são volumosos, seja em sacarias ou *bag's*, que são grandes bolsas com capacidade de armazenar 20 sacas de 60kg de café.

Gerir os processos de um armazém é algo fundamental para manter a organização e a correta localização dos *bag's*, pois para o embarque de transporte a sua correta localização é fundamental para agilizar o processo. Associando RFID com os serviços de T.I, os projetos baseados nesse propósito ganham em eficiência e agilidade, além de redução de tempo e custos operacionais, integrando as informações de RFID com os sistemas gerenciais da empresa (ERP, CRM) as informações ficam disponíveis

aos administradores, ampliando sua visão e real situação dos estoques de um armazém de café, dessa forma uma correta gestão das informações é fundamental para uma tomada de decisão, gerando negócios lucrativos com redução de tempo e custos, potencializando desempenho e melhorando a lucratividade.

### **1.1 Tema específico**

Uso do RFID na gestão do armazenamento de café em *Bag*.

### **1.2 Problema de pesquisa**

É possível utilizar a tecnologia de RFID para gestão e identificação de *bag* dentro de armazéns de café?

### **1.3 Problematização**

O uso de tecnologia no atual contexto tornou-se essencial para facilitar os processos de trabalho em suas mais diversas aplicações. A utilização do RFID surge como ferramenta de controle e gestão que pode contribuir para uma melhor eficiência e produtividade no processo de armazenamento, mapeamento, embarque e desembarque de *bag*. *Big Bag's*, ou simplesmente *Bag's*, são grandes bolsas utilizadas para armazenamento de grãos com capacidade que varia entre 300kg e 1.500kg, onde são empilhados sobrepostos até uma altura de 4 *bags*. Dessa forma sua correta localização dentro de armazéns torna-se essencial para o processo de mapeamento, embarque e desembarque, pois, desde que seu posicionamento seja identificado corretamente o processo de embarque tornar-se-á mais rápido e eficiente.

### **1.4 Hipóteses**

É possível com a tecnologia por radiofrequência (RF) identificar o posicionamento, ou seja, a localização de itens dentro de um espaço onde estejam armazenados vários desses itens sobrepostos, de forma assertiva e precisa.

Utilizando o conceito de identificação por radiofrequência que permite mapear o local de armazenamento identificando suas alas de armazenagem, criando assim um

layout de posicionamento, sendo identificado pelas *tag's* cada ala enumerada do armazém, onde os *bag's* são armazenados.

### 1.5 Objetivo geral

Demonstrar que com o uso e aplicação da tecnologia RFID é possível melhorar os processos gerenciais que envolvem os armazéns de café, que são: Armazenamento, Mapeamento, Localização, Embarque e Desembarque de *bag's*.

### 1.6 Objetivos Específicos

- Apresentar a tecnologia RFID, suas regulamentações, padrões, periféricos, equipamentos como: *tag's*, leitores, antenas e *middleware*.
- Analisar o ambiente e os custos de implantação da tecnologia RFID na cadeia de negócio café;
- Demonstrar a viabilidade de implantação dentro de armazéns;
- Demonstrar vantagens e desvantagens;

### 1.7 JUSTIFICATIVA

A tecnologia ora apresentada, ainda é recente no elo cafeeiro, no quesito gestão de armazéns em geral, pois dentro de Minas Gerais poucas cooperativas ainda possuem um tipo de controle de automação de armazéns de *bag's*. Dentro desse contexto envolve várias tecnologias e conceitos, pois o processo vem desde a pesquisa sobre qual a melhor solução, levantamento de viabilidade técnica e financeiro, processo de implantação, escolha de equipamentos, aquisição, preparação de todo ambiente para implantação do projeto, além de toda definição do conceito de projeto. Feito isso deve-se mensurar o retorno obtido, se o mesmo foi atendido e os objetivos traçados foram alcançados. Além de refletir para os cooperados, que ganham em agilidade na entrega



dos seus cafés, gerando economia de mão de obra e sacaria. Esse processo de agilidade e economia também pode ser visto dentro da cooperativa.

Dentro de um armazém de café as movimentações, ou seja, mudanças de localização de *bag's* são constantes, pois nem sempre o café que é necessário está de fácil acesso. Por isso, as movimentações são realizadas para que o *bag* que contém o café necessário seja removido e destinado para o embarque. Controlar toda essa situação de forma manual é um trabalho árduo, difícil e requer muita atenção.

O RFID surge como tecnologia que permite a identificação do posicionamento do *bag* dentro do armazém, através de um software controlador do leitor de radiofrequência que envia as ondas eletromagnéticas através da sua antena, que faz a leitura das *tag's* fixadas no piso e no *bag*.

O software controlador fica em execução em um terminal mine PC, que está acoplado na empilhadeira, que por sua vez o terminal está conectado via rede Wifi ao sistema de gestão do armazém, que identifica todo estoque e recebe as leituras de movimentações efetuadas em cada operação, ou seja, se um *bag* muda de posição dentro de um armazém ou sai de um e vai para outro, essa informação é atualizada de forma automática e em tempo real.

Informações de *status* são reportadas, se o item transportado está em transito ou armazenado, dessa forma eliminamos todo trabalho manual de anotações de movimentação e atualização de endereçamento dos *bag's*.

## 2.0 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 História e evolução do RFID

Do contexto histórico a tecnologia contribuiu para a evolução e melhoria da humanidade, tecnologia não somente no sentido tecnológico, mas também no desenvolvimento técnico de execução de tarefas e processos, podemos dizer que as atividades que fazem parte do cotidiano das empresas e das pessoas foram refinadas e agilizadas com a aplicação de tecnologia e seus conceitos. A ideia de mundo globalizado é tão igual a de conectividade e compartilhamento, a sociedade de uma forma geral ficou mais interligada, trocando ideias, experiências e conhecimento, a internet foi o meio pelo qual as pessoas ficaram mais integradas. Vivemos hoje a era da informação, que é tratada pelas empresas como um ativo circulante que deve ter seu fluxo livre para que chegue ao seu destino no tempo certo.

A tecnologia por identificação eletrônica surgiu há muito tempo. Nos anos 1930, Exército e Marinha enfrentaram o desafio de identificar adequadamente alvos no solo, no mar e no ar. Em 1937 o laboratório de pesquisas navais dos EUA (NRL), liderados por Sir Robert Alexander Watson-Watt, inventor do radar, desenvolveu o sistema *Identification Friend-or-Foe* (Sistema de identificação de amigo ou inimigo), que permitiu distinguir as aeronaves.

Em 1950 o uso de identificação por rádio era limitado geralmente ao exército, laboratórios de pesquisa, grandes empresas comerciais por causa do alto custo dos equipamentos e das grandes dimensões dos componentes.

No final dos anos 1960 e início dos anos 1970, empresas tais como *Sensormatic Checkpoint System* introduziram novos usos de RFID nas aplicações menos complexas e mais amplamente usadas. Essas empresas começaram a desenvolver equipamentos de vigilância eletrônica de produtos para proteger os itens de inventário.

Os primeiros sistemas de RFID comerciais, também conhecidos como sistemas de etiqueta de 1 bit, eram baratos para fabricar, implementar e manter. As etiquetas não precisavam de baterias e eram simplesmente fixadas aos artigos, destinadas a disparar um alarme assim que se aproximasse de um sensor (leitor), normalmente na porta de saída que detectava a presença da etiqueta.”(HESSEL, 2012, p.13)

Em 1973, Mario W. Cardullo requisitou a primeira patente americana para sistema de RFID, no mesmo ano Charles Walton, um empreendedor da Califórnia, recebeu uma patente para um sistema passivo, o qual era usado para destravar uma porta sem ajuda de chaves.

Nesta mesma década, 70, o governo americano também estava trabalhando no desenvolvimento de um sistema RFID, criando um sistema de rastreamento de material radioativo para o *Energy Departamente* outro para rastreamento de gado, para o *AgriculturalDepartament*.

Nos anos 1990, os sistemas de cobrança de pedágio eletrônico ganharam popularidade, com implementações comerciais na Itália, França, Espanha, Portugal, Noruega, Estados Unidos e Brasil. Apenas ao final dos anos 1990, quando as etiquetas passivas de Ultra Alta Freqüência (UHF) conseguiram oferecer a melhor combinação de alcance, velocidade e preços atrativos, conseguindo caminhar além das suas limitações normais, tornando assim os sistemas RFID em UHF o principal candidato a novos usos nas aplicações de cadeias de abastecimento, incluindo o rastreamento de caixas, paletes, controle de inventário e gerenciamento de armazéns e da logística.

O RFID é um método que utiliza ondas eletromagnéticas para acessar dados armazenados em um microchip acoplado a uma pequena antena identificando automaticamente os objetos nele fixado, que consiste basicamente em três componentes: Etiqueta, Antenas e Leitor.

O leitor está conectado a um computador central ou outro equipamento que possua inteligência necessária para processar os dados da etiqueta.

O sistema de RFID possui o seguinte funcionamento: um aparelho com função de leitura envia, por meio de uma antena, sinais de radiofrequência em busca de objetos a ser identificados. No momento que um dos objetos é atingido pela radiação, ocorre um acoplamento entre ele e a antena, o que possibilita que os dados armazenados no objeto sejam recebidos pelo leitor. O elemento que permite a comunicação entre etiqueta e o leitor é a antena, onde ambos possuem uma antena.(SANTINI, 2008)

Outro importante elemento de um sistema RFID é a frequência de operação entre a etiqueta e o leitor. A seleção da frequência específica é determinada pelas exigências do ambiente, conforme análise e levantamento das condições ambientais para implantação.

Por volta de 2004 foi formada a organização EPCglobal, que é um órgão internacional que gerencia atualmente os padrões de códigos eletrônicos de produto, que se tornou um padrão para identificação automática de itens das cadeias de

abastecimento em todo o mundo. Dessa forma, foi estabelecido pela primeira vez uma exigência global para a implementação dos sistemas de RFID em um organismo de normalização pronto para ajudar a facilitar a implementação desta exigência.

Desde que foi publicado pela primeira vez em 2004 pela GS1 EPCglobal, o EPC (*ElectronicProductCode* ou Código Eletrônico de Produtos) tem sido utilizado com sucesso para definir os requisitos físicos e lógicos dos leitores e tags dos sistemas de identificação por radiofrequência (RFID), tornando-se o padrão para implantações de frequência ultra alta (UHF), na faixa de 860 MHz a 960 MHz, em diversos ramos de atividade.”(PERIN,2014).

### 2.1.2 Tecnologia RFID

A tecnologia RFID é utilizada para a detecção e identificação automática de um objeto, porém para que o sistema funcione alguns componentes básicos são necessários:

- Etiquetas, também chamada de *tag's*, que geralmente são fixadas no item que se deseja coletar ou gravar informações;
- Leitor RFID, quem envia, recebe e decodifica o sinal eletromagnético;
- Antenas, o meio físico de equipamento por onde o sinal é enviado e recebido;
- Middleware é o software que faz a interpretação das informações coletadas por meio do leitor RFID, além dessa função o middleware também monitora o funcionamento dos equipamentos envolvidos nos processos (leitor e antena), verificando o estado do sinal do leitor, potência de leitura da antena, quantas etiquetas foram lidas em um determinado tempo, quais etiquetas foram lidas, além de efetuar os processos de gravação e leitura de informações nas etiquetas, o middleware traz a interpretação das informações lidas nas etiquetas, agregando inteligência necessária que atenda as regras de negócios da empresa, pois nem todas as informações lidas ou coletadas são necessárias para o processo no qual o sistema foi destinado.

Middleware RFID é um software para o sistema de identificação por radiofrequência que intermedia a comunicação entre o sistema da organização e a infraestrutura de hardware do sistema RFID, formada por leitores e etiquetas ou sensores que estão acoplados à esta rede. (RAMPIM,2012).

A tecnologia RFID está fortemente associada à demanda de Tecnologia da Informação (TI), pois como o RFID proporciona meios de leitura ou coleta de informações em tempo real, à infraestrutura para que essas informações cheguem ao destino correto deve ser bem arquitetada e distribuída, pois essa troca de informações e processos de gravação e leitura vai gerar um tráfego de informações bem maiores e intensas na rede, dependendo do ambiente em que foi implantado. Outro fator importante que deve ser observado para o funcionamento da tecnologia de RFID é a frequência de operação, que deve ser a mesma entre a etiqueta (*tag*) e leitor, pois estamos tratando de transmissão por rádio frequência, por tanto se temos um leitor RFID de 900Mhz a etiqueta também seguirá esse padrão de transmissão.

Para o sucesso de um projeto que utilize o RFID algumas variáveis devem ser observadas, requisitos devem ser levantados, pessoas que lidam com o processo ao qual a nova tecnologia visa melhorar também devem ser envolvidas no projeto, pois uma análise criteriosa do ambiente e do tipo de item que se deseja rastrear, ou melhor, localizar em um armazém ou estoque varejista deve ser também levado em consideração, pois tanto o ambiente de operação do RFID quanto o item em que a tag será fixada fazem diferença na qualidade e desempenho do projeto.

Toda empresa interessada em implantar a tecnologia de RFID deve obedecer a uma sequência de procedimentos para a seleção e aplicação das etiquetas, baseadas em experiências de inúmeras implementações industriais de diversos segmentos. Esse estudo de caso é importante para que se possa conduzir um site *survey* completo, porque por meio dele é que serão definidos o objetivo do negócio, o processo e as métricas para o sucesso do projeto RFID. (FILHO,2012).

Como em qualquer projeto que se deseje implantar em uma empresa algumas etapas devem ser seguidas e satisfeitas para que possamos avançar para a etapa seguinte, porém o que norteia a direção a implementação de equipamentos RFID são os protocolos e normas, que devem ser obedecidos e seguidos. A ISO (*International Organization for Standardization*) define alguns padrões que afetam o RFID. A ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) é quem regulamenta e fiscaliza os equipamentos e as faixas de frequências para equipamentos de RFID, pois o campo eletromagnético gerado pode interferir em outros equipamentos, além de regulamentar o tempo de exposição á esse campo eletromagnético.

O RFID levou até as pessoas a possibilidade de identificação de um determinado item e a obtenção de informações sobre ele, informações essas que antes não eram

disponíveis, hoje com a nova onda do conceito de Internet das Cosias (IoT – *Internet of Things*) tudo ficou mais compartilhado e conectado.(AMAZONAS, 2012, p.205), esse conceito não é tão novo, porém chegou com mais força e veio para ficar, a IoT vem com o propósito de unir as informações sobre quaisquer produtos e deixa-los disponível ao acesso das pessoas, esse conceito é aplicado as geladeiras inteligentes, que trazem em sei painel informações sobre os produtos que estão armazenados, data de validade, última compra, dependendo da sua usabilidade já é possível fazer a lista do que precisar ser comprado e enviado por e-mail a solicitação de compra para o supermercado de sua preferência, aplicando esse conceito na cadeia de negócios, podemos rastrear um produto, desde sua criação, registrando sua etapas, informações, e deixando isso disponível ao consumidor através de um servidor Web.

Estamos apenas no início de uma terceira onda da Internet das Coisas, que envolve a implementação da visão inicial de conectar tudo com tudo em um ecossistema aberto. A ThingMagic, por exemplo, que é agora uma divisão da Trimble, oferece uma solução pela qual temos parcerias com empresas de construção para equipar seus locais de trabalho com um aplicativo baseado em RFID que se conecta e se comunica com as pessoas, equipamentos e materiais contidos em edifícios em construção. Máquinas e equipamentos comunicar com os seus operadores, crachás de identificação do trabalhador se comunicar com o pessoal de segurança, sistemas de emergência comunicar com os gerentes, no caso de uma evacuação, e assim por diante. Este ecossistema é fundamentalmente ativado por RFID, e assemelha-se exatamente à IoT como foi concebida no MIT Auto-ID Lab.(SCHONER, 2015).

O conceito de internet das coisas, conforme determinado pelo projeto CASAGRAS, é o seguinte:

Uma infraestrutura de rede global, interligando objetos físicos e virtuais por meio da exploração de captura de dados e capacidades de comunicação. Essa infraestrutura inclui a internet existente e em evolução, bem como os desenvolvimentos de rede. Ela oferecerá identificação de objeto específica, capacidade de sensoriamento e de conexão com base para o desenvolvimento de aplicações e serviços independentes cooperativos. Estes serão caracterizados por um elevado grau de captura autônoma de dados, transferência de eventos, conectividade e interoperabilidade de rede.(AMAZONAS,2009).

## 2.2 CONCEITOS DE RADIOFREQUÊNCIA PARA RFID

### 2.2.1 O espectro eletromagnético

As ondas eletromagnéticas são energias que se irradiam através do espaço em frequências que variam entre 30KHz e 30GHz recebem o nome de ondas de rádio e são amplamente utilizadas em comunicações.

O espectro eletromagnético representa toda faixa de possíveis frequências que a radiação eletromagnética pode assumir, embora seus limites superior e inferior, não sejam bem definidos. Uma onda eletromagnética pode ser descrita pelo seu comprimento de onda, frequência ou energia de fóton. (DIAS, 2012, p.21).

A emissão ou envio desse sinal cria o campo eletromagnético que se caracteriza pela presença de elementos elétricos e magnéticos, que energizam a etiqueta RFID afim de coletar ou gravar informações.

### 2.2.2 Propagação

É o processo desta energia eletromagnética se deslocar do transmissor até o receptor, a velocidade de propagação de uma onda é a velocidade na qual uma frente de onda atravessa o vácuo ou um meio material. Quando esse meio é o vácuo, a velocidade de qualquer onda eletromagnética, independentemente da frequência, é a própria velocidade da luz.(DIAS, 2012, p.26).

Todas as ondas eletromagnéticas têm um comportamento comum em situações padrões, apresentando as seguintes características.

- Reflexão: quando uma onda volta para a direção de onde veio, devido a batida em material reflexivo;

- Refração: A mudança de direção das ondas, devido a entrada em outro meio. A velocidade da onda varia, ou seja, o comprimento de onda também varia;
- Interferência: Adição de amplitude de duas ondas que se superpõe.

### 2.2.3 Faixas de frequências

Como estamos falando de transmissão por radiofrequência é fundamental que se defina em qual faixa de frequência deve-se operar o processo de comunicação entre os equipamentos utilizados no processo, por isso é importante que a antena utilizada tenha um padrão de frequência igual ao da etiqueta, para que haja o casamento perfeito na comunicação e troca de informações.

A antena de uma estação transmissora de rádio irradia para o espaço sinais na forma de ondas eletromagnéticas. Assim, uma antena receptora irá captar inúmeros outros sinais além do sinal desejado. Para que isso possa ser realizado, o sinal precisa possuir alguma característica que permita distingui-lo dos demais. Essa característica é a frequência ou faixa de frequência. (DIAS, 2012, p.25).

O mecanismo de propagação utilizado para comunicação via rádio varia em função das faixas de frequências, as quais são classificadas de acordo com o comprimento de onda. Dependendo de uma análise previa e levantamento do ambiente onde será implantado o projeto baseado em RFID utiliza-se determinado tipo de padrão de comunicação (frequência), considerando o propósito do projeto.

### 2.2.4 Efeito multipercursos

A transmissão de ondas de rádio frequência é feita no espaço, portanto fica suscetível a interferência desse meio de propagação, onde o sinal pode sofrer alterações em seu percurso comprometendo o desempenho da comunicação. Um sinal pode estar a um bom nível em determinada posição e degradado a uma pequena distancia, da ordem da metade de seu comprimento de onda. (DIAS, 2012, p.27).

Esse efeito é considerado um dos mais nocivos ao canal de rádio. Com um caminho cheio de obstáculos, dificilmente existirá um caminho direto entre a etiqueta e a antena do leitor. O sinal recebido por uma etiqueta nesse ambiente é, então, o resultado de uma soma de diversos sinais que chegam de todas as direções, após um número indefinido de reflexões, refrações e difrações, dessa forma alteram sua fase e intensidade de sinal, chegando com atraso ao receptor.

### 2.2.5 Modulação

A modulação é um processo pelo qual a onda portadora transporta o sinal de informação, variando em amplitude, frequência e fase. As principais vantagens para a modulação são:

- Redução no tamanho da antena receptora;
- Permite a utilização do mesmo canal por vários usuários, utilizando a técnica de múltiplo acesso.

A modulação constitui-se na técnica empregada para modificar um sinal com a finalidade de possibilitar o transporte de informações pelo canal de comunicação o sinal, na sua forma original, na outra extremidade. (DIAS, 2012, p.28).

O sistema RFID é um sinal digital, ou seja, só terá os símbolos 0 e 1 para transmitir. Portanto as técnicas de modulação utilizadas serão apenas as técnicas de modulação digital:

- ASK (amplitude shift keying);
- FSK (frequency shift keying);
- PSK (phase shift keying);
- QUAM (quadrature amplitude modulation).

A escolha de uma dada modulação é um compromisso entre velocidade, imunidade ao ruído, complexidade de implementação e tolerância a interferências.

### 2.2.6 Espelhamento espectral

O princípio das técnicas de modulação usando espelhamento espectral é aumentar a quantidade de bits utilizados para transmitir uma mesma informação, de modo a espalhar o espectro de frequência do sinal. Para (DIAS, 2012, p.42) essa é uma técnica na qual a energia média do sinal transmitido é espalhada sobre uma largura de faixa muito maior que a largura de faixa que contém a informação, dessa forma tem-se um ganho no aumento da banda de frequência na qual o sinal é transmitido, normalmente utiliza-se um código de espelhamento que é multiplicado pelos bits de informação, que melhoram consideravelmente a performance de transmissão e trazem uma série de vantagens.

- Imunidade com relação a ruídos e interferências;
- Imunidade a distorções devido a multipercursos;
- Imunidade a interferências e de desvanecimento de banda estreita;
- Diversos usuários podem compartilhar a mesma banda de frequência com baixa interferência;
- Podem ser usados para criptografia de sinais.

### 2.2.7 Espelhamento espectral com salto de frequência – FHSS

Essa técnica de espelhamento espectral baseia-se na rápida variação da frequência de transmissão de um sinal pseudoaleatório, sendo que cada frequência é usada para transmissão somente durante um intervalo de tempo muito curto, chamado de tempo de permanência (*dwel time*).

Esse tempo pode ser ajustado e deve ser menos que 400 ms (*milissegundos*), essa rápida variação que é chamada de saltos de frequência. Segundo DIAS (2012, p.43) essa é uma técnica na qual a energia é espalhada mudando a radiofrequência central de transmissão várias vezes por segundo, de acordo com a sequência de canais gerada de forma pseudoaleatória, para que esse sistema funcione, é necessário que todas as estações estejam sincronizadas e funcionando simultaneamente na mesma frequência pseudoaleatória, para que possa haver compatibilidade entre elas, essa técnica utiliza no mínimo 35 canais de salto de radiofrequência.

Segundo o regulamento da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), resolução nº 506 de 1º de julho de 2008, os equipamentos de espelhamento espectral devem ser aplicados às condições estabelecidas na Seção IX do artigo, além de

cumprirem outras normas e especificações que veremos em um capítulo específico da pesquisa.

IX - Espalhamento Espectral: tecnologia na qual a energia média do sinal transmitido é espalhada sobre uma largura de faixa muito maior do que a largura de faixa que contém a informação. Os sistemas empregando tal tecnologia compensam o uso de uma maior largura de faixa de transmissão com uma menor densidade espectral de potência e uma melhora na rejeição aos sinais interferentes de outros sistemas operando na mesma faixa de frequências. (ANATEL, Resolução nº 506, de 1º de julho de 2008).

## 2.3 Antenas

### 2.3.1 Conceito básico de uma antena

Antenas em um sistema RFID são fundamentais para a comunicação entre leitores e etiquetas, a definição oficial do IEEE – *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, antena é um meio para irradiar ou receber ondas de rádio.

Segundo BARBIN (2012, p.77) antena é uma estrutura de transição entre uma onda guiada por um circuito e uma onda no espaço, ou vice-versa.

Uma antena é um transdutor de ondas que propagam em meios confinados, tais como cabos coaxiais, guias de onda, linhas bifilares, enfim, entre linhas de transmissão e a propagação do espaço livre, que possui como meio de propagação o ar ou o vácuo. A onda eletromagnética no vácuo se propaga na velocidade da luz e no ar é bem próxima a velocidade de propagação, porém se a densidade do meio aumenta a velocidade de propagação diminui.

Para BARBIN (2012, p.77) uma onda eletromagnética caracteriza-se pela presença de campos elétrico e magnético variantes no tempo e no espaço. Essas variações temporais e espaciais determinam a propagação da onda, que transfere energia entre pontos distintos de um meio. No ponto de transmissão uma antena radia ou transmite ondas eletromagnéticas para o meio de propagação. Correntes e tensões de RF são dirigidas para a estrutura da antena, geralmente condutora, dando origem ao campo eletromagnético.

Em termos funcionais, em um sistema de comunicação, uma antena atua como um dispositivo de casamento de impedâncias entre o sistema guiado e o meio de propagação, visando a máxima transferência de energia entre o transmissor e o receptor,

além disso, a antena deve dirigir a radiação (transmissão) ou captar a radiação (recepção) em direções desejadas, suprimindo-a em direções indesejadas. A partir dessas duas funções, vários padrões que caracterizam uma antena podem ser definidos.

Art. 1º Este regulamento tem por objetivo estabelecer limites para a exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz, associados à operação de estações transmissoras de radiocomunicação de serviços de telecomunicações, bem como definir métodos de avaliação e procedimentos a serem observados quando do licenciamento de estações de radiocomunicação, no que diz respeito a aspectos relacionados à exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na referida faixa de radiofrequências.(ANATEL, Resolução nº 303, 2 de julho de 2002).

O limite de exposição a campos eletromagnéticos em ambientes públicos para a frequência de 915 MHz é de  $4,575\text{W/m}^2$ .

### 2.3.2 Dimensões

A ideia de que frequências altas implicam em antenas pequenas e que frequências baixas implicam em antenas grandes deve ser mantida, e sempre que a regra não for válida, existirão razões ligadas aos parâmetros das antenas, como artifícios para melhorar a eficiência ou para concentrar energia em uma dada região. Então, podemos afirmar que o tamanho da antena, via de regra, tem uma relação com o comprimento da onda.

### 2.3.3 Antena Isotrópica

Na transmissão por radiofrequência a propagação do sinal pela antena percorre o espaço de transmissão até o seu ponto de objetivo, porém as antenas não transmitem campos eletromagnéticos uniformes e perfeitos em todos seus pontos de cobertura, variando no espaço e gerando os pontos de sombra, que pontos sem a presença de sinal eletromagnético.

Para BARDIN (2012, p.86) com objetivo de se ter um padrão a partir do qual todas as outras antenas possam ser comparadas, tornou-se conveniente introduzir o conceito de radiador isotrópico. Essa é uma antena hipotética que radia energia igualmente em todas as direções, não sendo, entretanto, fisicamente realizável.

Considerando uma distância constante do radiador isotrópico, a densidade de potencia é sempre igual formando, assim, uma esfera com centro na antena isotrópica.

#### 2.3.4 Diagrama de radiação

O diagrama é uma representação gráfica das propriedades de radiação de uma antena em função de coordenadas esféricas. Essas propriedades incluem a intensidade da radiação ou dos campos, fase e polarização, que estão relacionadas com a distribuição espacial da energia.

Conforme BARDIN (2012, p.85) o diagrama de radiação de uma antena é uma forma de apresentação da distribuição (relativa ou absoluta) da potencia ou dos campos radiados em função da direção espacial.

A reciprocidade da antena desde que mantida a frequência, as antenas se comportam igualmente tanto na transmissão como na recepção. Isso significa que os diagramas de radiação, impedância e outros parâmetros são iguais nas duas situações. Porém, certos parâmetros possuem restrições de ordem construtiva; por exemplo, as antenas de recepção normalmente não suportam potências elevadas quando utilizadas como transmissoras.

#### 2.3.5 Ângulo de abertura ou largura de feixe

Todo sinal enviado ou propagado no espaço possui suas características conforme descrevemos algumas anteriormente, ângulo de abertura é a forma como o sinal emitido vai abrir nesse espaço afim de atingir o outro ponto, essa característica é importante compreender para que possamos posicionar a antena de forma que a largura do seu feixe de sinal de uma maior cobertura de sinal dentro da área de leitura das informações.

Segundo BARDIN (2012, p.91) define-se ângulo de abertura da antena ou largura de feixe como o módulo da diferença entre os ângulos à esquerda e à direita do ângulo da direção de máxima radiação.

#### 2.3.6 Diretividade

No processo de transmissão e recepção de informações por radiofrequência as antenas tem função importante dentro desse contexto e a direção na qual o sinal é irradiado ou propagado é fundamental para que o sinal chegue com força e qualidade até seu destino, que também é uma antena, que deve ficar posicionada ou direcionada de forma que suas irradiações se encontrem e concluam o processo de comunicação.

Para BARDIN (2012, p.92) o ganho diretivo ou diretividade descreve a relação entre a densidade de potência em uma dada direção angular para a antena em questão e a densidade de potencia radiada isotropicamente. As antenas diretivas são caracterizadas pelos lóbulos de irradiação. Há um lóbulo principal onde a maior parte de energia é irradiada naquela direção, considerado como parte frontal da antena e os lóbulos que irradiam menos energia em direções diferentes são considerados lóbulos secundários.

### 2.3.7 Ganho

A partir da definição de ganho diretivo introduz-se o conceito de diretividade de uma antena, que para BARDIN (2012, p.93) é o valor ganho diretivo na direção de máxima densidade de potência radiada.

### 2.3.8 Eficiência de irradiação

A eficiência de uma antena mostra a parcela de energia aplicada á antena que é perdida sob a forma de dissipação térmica nos condutores e dielétricos que formam a antena, bem como no seu descasamento com a fonte de sinal, na recepção uma antena é utilizada para “capturar” ondas eletromagnéticas e dela extrair potências, isso ocorre em virtude da existência de uma área efetiva de captação da antena, onde eficiência de irradiação é a capacidade de concentrar energia em uma dada direção.

### 2.3.9 Polarização

A radiação pode ser Linear ou Elíptica. Toda onda eletromagnética é composta pela presença de dois campos, o elétrico e o magnético, sempre situados em planos,

cujos vetores do campo elétrico estão a 90° graus do campo magnético, esses campos se propagam em qualquer material isolante (dielétrico); no vácuo a velocidade da luz.

Segundo BARBIN (2012, p.99) define-se polarização, para uma onda plana, como a trajetória descrita pelo campo elétrico com a variação do tempo sobre um plano fixo no espaço e perpendicular a direção de propagação.

As polarizações mais comuns são: Vertical e Horizontal, a propagação em geral pode ser linear, podendo assumir qualquer ângulo em relação a uma referencia e elíptica sendo a propagação circular direita e circular esquerda. A polarização é extremamente importante na definição de uma antena, pois polarização cruzada entre antenas inviabilizam as transmissões ou recepções de sinais, isso implica que para otimizar as transmissões as antenas (receptora e transmissora) devem ficar na mesma polarização. Para as aplicações RFID, onde sabemos as posições da etiqueta, como em uma esteira onde passam os itens, as antenas mais usadas são de polarização horizontal e vertical, em casos onde não se sabe exatamente qual a posição da etiqueta, as antenas circulares são as mais indicadas.

#### 2.3.10 Largura de faixa

Para BARDIN (2012, p.97) largura de faixa ou de banda é definida como a faixa de frequência na qual o desempenho da antena, com respeito a algum de seus parâmetros, está de acordo com um dado padrão. Podemos dizer ainda que a largura de faixa de antena pode ser a faixa de frequência em torno da frequência central onde uma ou mais de suas características como, por exemplo, a impedância, o ganho, o diagrama de radiação, estão dentro de valores aceitáveis se comparado quando comparados ao valor central da faixa.

## 2.4 ETIQUETA

A etiqueta (*tag*), também conhecida como transponder (*transmitter + responder*), contém dados que são transmitidos ao leitor quando ela é *interrogada* por ele. O propósito de uma etiqueta RFID é anexar fisicamente dados sobre um objeto, cada etiqueta possui um mecanismo interno para armazenar dados e uma forma de comunicar esses dados, uma etiqueta apresenta quatro componentes básicos.

Segundo HESSEL (2012, p.109) etiqueta consiste basicamente de um circuito integrada (CI, ou Chip) conectado a uma antena, que são as partes que mais impactam na performance de uma etiqueta RFID.

O problema fundamental da tecnologia RFID é a transmissão adequada de energia para as etiquetas, que é considerada adequada quando consegue ativar a etiqueta para o processamento interno do chip e posterior transmissão das informações, a energia mínima necessária é de 10 microwatts ou -10 dbm para serem ativadas e as informações posteriormente transmitidas.

#### 2.4.1 Componentes de uma etiqueta

As etiquetas possuem basicamente quatro componentes:

Circuito integrado (CI) possui o microprocessador que recebe energia das ondas de rádio frequência capturada pela antena para comunicar-se com o leitor, esse processo de comunicação pode ser por acoplamento indutivo, que é quando o a antena conectada ao leitor fica bem próxima da *tag*, ou por dispersão de sinal que se chama *backscatter*. O CI possui uma memória para armazenar dados e alguns processamentos lógicos, a memória pode ser:

- Somente leitura – *readonly*(RO), utilizadas para único número serial escritos na fase de produção, tornando-a á prova de adulteração;
- Uma gravação e varias leituras – *writeonce/readmany*(WORM), com uma única gravação, mas oferece a opção de gravação dos dados após a fabricação da etiqueta, o que pode reduzir os custos de produção;
- Leitura e gravação – *read/write*(RW) – a mais flexível, vulnerável a adulteração e sobreposição de dados.

A capacidade de gravação de memória da etiqueta em geral aumenta os custos, junto com sua capacidade de realizar funções de alto nível.

Antena recebe e transmite as ondas de radiofrequência, energiza a etiqueta que absorvendo a energia do campo de RF do equipamento leitor e com isso pode iniciar o processamento do chip, a antena de uma etiqueta pode ser:

- Bobina, para frequência de LF e HF;

- Dipolo, para frequência de UHF, utilizado para aplicações onde se deseja maiores distâncias de leitura (Far Field Communication – FFC);
- Loop, para a frequência de UHF, para aplicações onde se deseja pequena distância de leitura (Near Field Communication – NFC).

O substrato é quem dá sustentação ao circuito integrado, conectores e as antenas das etiquetas;

Os conectores fazem a conexão do circuito integrado com a antena por meio de dois condutores. (DIAS, apostila de treinamento, p.32, 2015)

#### 2.4.2 Classificações das etiquetas

As etiquetas ou *tag* têm função fundamental em um sistema RFID, não somente por sua necessidade objetiva, mas também para transmitir informações referentes ao objeto onde está fixada. Cada ambiente de implantação de sistemas que utilizem a tecnologia por rádio frequência requer um tipo específico de etiqueta, para que desempenhem sua função de forma eficiente, transmitindo as informações quando forem estimuladas e armazenando os dados em seu CI, para que posteriormente sejam consultados. Conforme a necessidade da aplicação utiliza-se um determinado tipo de etiqueta que podem ser: Etiquetas Passivas, Semi-Passivas (Assistidas por Bateria) e Ativas.

Etiquetas Passivas são caracterizadas por não necessitarem de baterias internas ou externas para transmitirem as informações, basta que estejam na presença do campo eletromagnético transmitido pela antena do leitor recebendo energia suficiente para se comunicar. O sinal inicial do leitor faz com que o pulso elétrico gerado percorra o circuito integrado (CI) da etiqueta a utilize para habilitar as funções de leitura, escrita e transmissão, porém o alcance da antena passiva é limitado pela potência que ele pode receber das ondas eletromagnéticas do leitor. Esse tipo de etiqueta são mais econômicas e mais comuns na indústria atual de RFID, sendo na sua maioria pequenas, porém tem uma desvantagem quanto ao alcance restrito de leitura. Pelo fato desse tipo de etiqueta ser passiva (e a semi-passiva) não possuem baterias ou transmissor as etiquetas acoplam ao sinal transmitido pelo leitor (DIAS, apostila de treinamento, p.36, 2015). O tipo de acoplamento que uma etiqueta utiliza, afeta diretamente a faixa de leitura entre a etiqueta e o leitor, sendo classificadas em:

- Próxima, dentro da faixa de 1 cm;
- Remota, de 1 cm a 1 m;
- Faixa longa, mais de 1m.

As faixas de leitura caracterizam o tipo de acoplamento de acordo com a distância da etiqueta e antena do leitor.

O acoplamento difuso de retorno – *backscatter* (utilizado para etiquetas UHF e micro-ondas) nesse tipo de acoplamento as etiquetas refletem a mesma frequência emitida pelo leitor, nesse processo, um leitor envia um sinal para uma etiqueta e ela por reflexão responde, uma parte dessa energia de volta para o leitor. Devido ao fato do leitor e da etiqueta estarem cada um usando a mesma frequência para estabelecer a comunicação, eles geralmente a fazem um de cada vez, essa comunicação é chamada de *half-duplex*. Além de refletir a energia de volta para o leitor, a antena da etiqueta conduz um pouco dessa energia para um pequeno chip, que controla um resistor entre as duas metades da antena, alterando o resistor dentro e fora do circuito, o chip pode criar um sinal ASK (*Amplitude Shift Keying*) modulado pela carga, para transmitir um número ID único armazenado na memória do chip.

Etiquetas Passivas Assistidas por Bateria (semi-passivas) esse tipo de etiqueta possui uma bateria de baixo custo que é usada para alimentar o circuito elétrico interno, porém não possui transmissor, operando apenas quando recebem uma potência do leitor. O uso da bateria é para que a etiqueta fique mais resistente a interferências, enviando o sinal ao leitor com mais potência, sendo possível transmitir em distâncias maiores, porém com o tempo a bateria interna deve ser trocada.

Etiquetas Ativas possuem um transmissor e uma bateria interna que fornece energia para comunicação da etiqueta, por essa razão podem melhorar significativamente o alcance da comunicação entre etiqueta e leitor com o sinal enviado continuamente. Geralmente são utilizadas em soluções RFID mais complexas, possibilitando armazenar uma quantidade de informação maior que as etiquetas anteriormente apresentadas, em alguns casos uma etiqueta ativa pode ser integrada com um GPS (*Global Position System*) para localizar com exatidão um item.(HESSEL, 2012, p.112)

### 2.4.3 Frequências para as etiquetas RFID

Um dos aspectos mais importantes da conexão entre uma etiqueta e um leitor é a frequência de operação, por tanto etiqueta e leitor devem operar, transmitir e receber as informações dentro da mesma faixa de frequência, que podem ser:

- Baixa frequência (LF) em 125KHz, nessa faixa de frequência o alcance de entre leitor e etiqueta é menor que 0,5 metros, com boa operação em ambientes próximos de metais e água;
- Alta frequência (HF) em 13,56MHz; o alcance de leitura é menos de 1 metro, com baixo custo e boa interação e qualidade de transmissão, porém a potência do leitor deve ser elevada;
- Ultra Alta Frequência (UHF) começando em 860 a 960MHz; o alcance de leitura é de até 7metros, as etiquetas tem um baixo custo e com tamanho reduzido, porém não é indicada para metais e líquidos;
- Microondas em 2,4GHz e 5,8GHz; alcance superior a 10 metros com velocidade de transmissão superior as outras frequências, porém seu custo é mais elevado e não opera adequadamente próximos de metais e líquidos.

Em geral, a frequência define a taxa de transferência dos dados entre a etiqueta e o leitor, quanto menor for a frequência, mais lenta é a taxa de transmissão. O meio físico também é fator importante na escolha de faixa de frequência de operação dos sistemas baseados em RFID, além de observar quais objetos vão receber as etiquetas, para assim evitar alguns problemas como refração e reflexão de sinal.

As etiquetas são classificadas em classes diferentes de acordo com suas funcionalidades:

- Capacidade de escrita e leitura;
- Fonte de energia;
- Capacidade de comunicação;
- Capacidade de memória. (DIAS, apostila de treinamento, p.39, 2015)

Conforme a tabela 5.3 expões as classes das etiquetas RFID.

| Classe   | Descrição   |
|----------|---|
| Classe 0 | Passiva, apenas de leitura.                                 |
| Classe 1 | Passiva, grava apenas uma vez.                              |
| Classe 2 | Passiva, grava apenas uma vez com extras como criptografia. |

|          |   |
|----------|---|
| Classe 3 | Regravável, semipassiva, sensores integrados.   |
| Classe 4 | Regravável, ativa, comunicação ponto a ponto entre duas etiquetas na mesma banda de frequência e se comunica com outros leitores. |
| Classe 5 | Essencialmente os leitores podem energizar e ler etiquetas das classe 1,2 e 3 e se comunicar com as classes 4 e 5.                |

Fonte:O autor.

#### 2.4.4 Colisões dos sinais emitidos pelas etiquetas

O sinal RFID utiliza-se do meio para propagar o sinal eletromagnético, suscetível as interferências desse meio, porém em aplicações com a emissão de sinal de várias etiquetas alguns cuidados devem ser tomados para evitar a colisão dos sinais.

Esse problema exige a aplicação de alguns protocolos anticolisão para a identificação individual de cada etiqueta. Esses sinais utilizam a mesma frequência no espectro e, quando emitidos simultaneamente por mais de uma etiqueta, se tornam não identificáveis para os equipamentos interrogadores. Os protocolos atualmente são padronizados e utilizam algoritmos que tentam identificar as mensagens individuais de cada etiqueta eletrônica. (DIAS, apostila de treinamento, p.13, 2015)

Segundo HESSEL (2012, p.124) as etiquetas quando expostas ao raio de ação de um equipamento leitor, exige a aplicação de protocolos anticolisão para a correta identificação dos sinais de cada uma das etiquetas.

Os protocolos anti-colisão utilizam algoritmos inteligentes que conseguem identificar as mensagens individuais de cada etiqueta eletrônica, dividindo, por tempo, o canal de comunicação compartilhado entre todas as etiquetas presentes no ambiente. Atualmente os protocolos utilizados em sistemas RFID são baseados em duas estratégias genéricas:

Divisão do canal por tempo através da geração de um determinado número de *slots*, ou protocolos tipo árvores binárias, em que, através de sorteios realizados pelas etiquetas essas se aproximam ou se distanciam do momento em que poderão utilizar o canal, esses protocolos são executados nas etiquetas e nos leitores.

Em situações onde há diversas etiquetas na zona de interrogação, ou seja, que estão dentro do campo de alcance do sinal eletromagnético emitido pela antena do leitor, alguns protocolos anti-colisão devem ser usados, ou seja, necessita de técnicas de

compartilhamento do canal de comunicação, desde que o leitor pode apenas processar uma resposta de uma etiqueta no tempo, o leitor deve ter controle sobre qual etiqueta deve responder naquele instante.

Os protocolos padronizados pela ISO (*International Organization for Standardization*) e EPCglobal são:

O protocolo *Slotted Aloha*, é derivado de um procedimento conhecido como *Aloha*, que foi originalmente desenvolvido na década de 70, no Havaí, para comunicação de rádio. As etiquetas começam a transmitir suas Ids, assim que o campo do leitor as energiza, cada etiqueta envia sua identificação e então espera por um período pseudoaleatório de tempo antes de transmitir novamente. O leitor apenas recebe as Ids, dependendo da sorte, assegurando que cada etiqueta acabará transmitindo durante um período, quando todas as outras estiverem em silêncio, o leitor não responde as etiquetas. As vantagens desse procedimento são a velocidade e a simplicidade. A lógica da etiqueta é mínima e, com baixo *overhead* de protocolo, este é o de melhor desempenho para taxas de leitura onde apenas algumas etiquetas estejam presentes.

A padronização ISO apresenta três tipos de protocolos ALOHA.

- ALOHA LST – Last Success Time;
- ALOHA FST – First Success Time;
- Random Slotted ou seja Protocolo Q.

A tabela 5.4 apresenta as principais diferenças entre eles.

Tabela 5.4: Diferença entre os três protocolos ALOHA

| ALOHA LST  | ALOHA FST  | PROTOCOLO Q  |
|--|--|--|
| Tamanho do primeiro round é determinado pelo usuário.  | Tamanho do primeiro é sempre 16.                       | Tamanho do primeiro round é determinado pelo usuário.                        |
| Ajuste do tamanho do quadro: não determinado pela ISO. | Ajuste do tamanho do quadro: não determinado pela ISO. | Ajuste do tamanho do quadro: determinado em parte pela ISO.                  |
| Problema se tiver mais de um leitor.                   | Problema se tiver mais de um leitor.                   | Sessões: possibilita que as trabalhem simultaneamente com mais de um leitor. |

Fonte: O autor.

O protocolo Q é baseado no slottedAloha, é estruturado na geração de um número aleatório para o contador de slot da etiqueta, vejamos a seguir um esquema básico:

- O leitor especifica o número de slots no quadro;
- Cada etiqueta escolhe aleatoriamente um slot para responder;
- O leitor emite pequenos comandos para marcar o início de cada slot dentro do quadro;
- Se a etiqueta escolher um determinado slot, ela responde com um número aleatório;
- Se o leitor decifrar o número e reconhecê-lo, a etiqueta envia seu EPC(código eletrônico do produto);
- O número aleatório de trocas de informações entre a etiqueta e o leitor permite que uma única sessão lógica seja mantida com aquela etiqueta, independente do EPC da etiqueta, ou mesmo se tenha um EPC, com ajuda deste número aleatório, o leitor pode ler e escrever na memória da etiqueta ou executar outras operações exclusivas para esta etiqueta. (DIAS, apostila de treinamento, p.14, 2015).

## 2.5 LEITOR

Um dos equipamentos fundamentais e necessários para que se possa obter ou ler informações de uma *tag* ou etiqueta é o leitor, que acoplado a antena envia o sinal de RFID criando o campo eletromagnético que por sua vez energiza a etiqueta que processa as informações e devolve o resultado através de sua antena, esse sinal é captado pela antena do leitor, que lê, interpreta e decodifica os dados, enviando esses dados para um computador através de suas interfaces de saída, seja serial, *ethernet* ou usb, esses dados serão filtrados e transformado em informação útil para o processo a que foi designado.

Segundo HESELL (2012, p.136) um leitor (ou interrogador) RFID trata-se de um sofisticado equipamento de rádio que deve possuir funcionalidades básicas de criar e amplificar sinais de radiofrequência e envia-los através de uma antena.

Para SANTINI (2008, p.23) o *transceiver*, também chamado de *reader* ou simplesmente leitor, tem a função de comunicar-se com o *transponder* através de uma antena e repassar a informação, em alguns casos processa-la, para outro sistema, o *middleware*, através de uma interface de rede.

### 2.5.1 Comunicações do leitor

Para que as informações fornecidas pelas etiquetas sejam utilizadas, o leitor deve se comunicar com o computador. As aplicações de software devem ser executadas em um computador para que essas informações sejam tratadas e transformadas em algo útil ao processo, essa comunicação pode ser feita através de:

- Serial, normalmente RS232;
- USB;
- Ethernet;
- Interfaces para conexão sem fio, tais como Wifi e Bluetooth.

### 2.5.2 Tipos de Leitores

Para a escolha de um determinado tipo de leitor para uma determinada aplicação, devem ser consideradas as especificações de hardware e o software a ser utilizado, o tamanho do leitor e a funcionalidade determinam o custo desse equipamento, os tipos mais comuns são:

- Portátil;
- Posição fixa;
- Embarcado ou embutido.

Os leitores portáteis apresentam uma grande mobilidade e flexibilidade de uso e são utilizados normalmente em locais de difícil acesso, o usuário pode trazer o leitor para um objeto de interesse e coletar todas as informações na etiqueta.

Os leitores de posição fixa são colocados em locais específicos, como esteiras automáticas, portas ou docas de carregamento. Eles também podem ser fixados na configuração de portal para aumentar a precisão e o índice de leitura em um determinado local de passagem de materiais a serem controlados, permitindo assim que os itens com etiquetas sejam rastreados.

Os módulos de leitores para serem embutidos ou embarcados, são leitores montados em uma mesma placa de circuito impresso de outros equipamentos ou módulos acoplados fisicamente a outros equipamentos de maneira interna.

Existem algumas especificações a serem consideradas na escolha de um leitor RFID, a maioria dessas informações são dadas pelo fabricante, que são:

- Frequência de operação;
- Protocolos suportados;
- Potencia de saída das antenas;
- Número de antenas que podem ser usados;
- Configuração de software;
- Atualizações disponíveis.

Essas especificações ajudam na escolha do leitor que melhor se adequa ao tipo de projeto e ambiente em que será aplicado.(DIAS, apostila de treinamento, p.43, 2015)

### 2.5.3 Frequências de operação

Para que a conexão entre etiqueta e leitor seja considerada perfeita, ambas as frequências de operação devem ser a mesma, a frequência de operação pode variar com base na aplicação, nas normas e nos regulamentos, em geral a frequência de operação define a taxa de transferência de dados entre etiqueta e leitor. As frequências mais utilizadas para o sistema RFID são: baixa frequência (LF), de 125KHz, alta frequência (HF), 13,56MHz, e ultra alta frequência (UHF), operando na faixa de 860 a 960MHz e Microondas em 2,45GHz e 5,8GHz.

Todavia, a velocidade não é o único aspecto a ser analisado no planejamento de uma solução RFID, pois o alcance de leitura entre etiqueta e leitor, o tipo do material do objeto a ser identificado, requisito do cliente, padrões da indústria, normas e regulamentos também são definidos pela frequência e representam aspectos importantes para o sucesso das aplicações.

Atualmente, as frequências LF são utilizadas para aplicações nas quais os *transponders* ficam incorporados a objetos metálicos, como em instrumentos cirúrgicos, como possuem um alcance de leitura baixo esse tipo de frequência não é adequada para

algumas aplicações. As frequências HF já encontradas no interior de uma ampla variedade de objetos, incluindo cartões magnéticos, chaveiros, botões. Com alcance de leitura abaixo de 1 metro, as frequências HF são mais utilizadas para controle de acesso, bilhetes de controle de acesso no transporte público. Os sistemas UHF tem baixo desempenho quando operam perto de metal, por isso alguns fabricantes encapsulam as etiquetas para um melhor desempenho quando fixadas em objetos metálicos. Em virtude melhor alcance, maior velocidade, e preços mais atrativos os sistemas RFID baseado na frequência UHF torna-se a principal aplicação na cadeia de abastecimento, incluindo o rastreamento de palets, caixas e itens, controle de inventário, gerenciamento de armazéns e da logística. (DIAS, apostila de treinamento, p.44, 2015)

#### 2.5.4 Antena

As antenas, tanto das etiquetas quanto as que estão conectadas ao leitor tem papel fundamental no processo de comunicação RFID para envio e recebimento de informações, energização da etiqueta e alcance da área de cobertura (zona de interrogação).

As antenas são os condutores da comunicação de dados entre etiqueta e o leitor. O estilo da antena e o posicionamento representam um fator significativo na determinação da área de cobertura, alcance e desempenho na comunicação. (AZAMBUJA, 2012, p.140).

Os leitores podem suportar até quatro antenas com uma variedade de configurações, tipicamente são utilizadas de uma a duas antenas, casos de uso de quatro antenas são para portais. A principal limitação no número de antenas que um leitor pode controlar é a perda de sinal no cabo, onde em média a distancia ou comprimento do cabo utilizado para conectar antena ao leitor é de dois metros, porém é possível utilizar distancias maiores.

Em algumas aplicações são utilizadas duas antenas, um para transmitir o sinal e outra para receber, caracterizando o modo de operação biestático, porém nesse modo de utilização ou operação é importante observar o posicionamento das antenas para que uma não fique a frente e sobreponha a outra, também é possível utilizar apenas uma antena para transmitir e receber o sinal, caracterizando o modo de operação monoestático.

Visto que podemos utilizar um leitor com até quatro antenas devidamente posicionadas e definidas seu modo de operação devemos observar outro fator importante para que se tenha um desempenho satisfatório no processo de comunicação antena e etiqueta, que é o tipo de leitura da antena:

- Antena de leitura linear,
- Antena de leitura circular.

As antenas de leitura linear oferece um alcance maior do que a antena de leitura circular, ao mesmo tempo, uma antena linear apresentará resultados de leitura menos precisas em aplicações onde a orientação da antena de uma etiqueta, com relação a antena do leitor, varia aleatoriamente de posição, isto faz com que a antena linear se torne mais adequada em aplicações onde a orientação de um item etiquetado seja sempre a mesma, como por exemplo em um esteira de uma produção onde os itens seguem um único fluxo de direção.(DIAS, apostila de treinamento, p.45, 2015)

#### 2.5.5 Zona de Interrogação

O processo de energização, leitura, escrita e devolução por parte da etiqueta do sinal recebido com as informações processadas em seu Chip devem ser processados dentro do campo eletromagnético, também definido como zona de interrogação, que é área onde ocorrerá o processo descrito.

A zona de interrogação é definida como sendo a área em que a antena do leitor consegue ativar e se comunicar com a etiqueta. (AZAMBUJA, 2012, p.143).

Existem vários fatores a se considerar no ajuste da zona de interrogação, tais como: a quantidade de etiquetas, a potencia de saída, a direção, o tipo das antenas, ruídos externos e os tipos de matérias que interferem no sinal de radiofrequência.

#### 2.5.6 Controlador

O dispositivo computacional que controla um leitor pode variar em complexidade de uma máquina para a outra, é capaz de ser executado em um sistema operacional de rede. O controlador é responsável por controlar o lado do leitor do protocolo da etiqueta, assim como determinar quando as informações lidas de uma etiqueta constituem um evento a ser enviado para a rede.

### 2.5.7 Energizando a etiqueta

No caso das etiquetas passivas ou semi-passivas, o leitor fornece a energia necessária para ativar ou energizar a etiqueta no campo eletromagnético dele. O alcance deste campo geralmente é determinado pelo tamanho da antena dos dois lados e pela potência do leitor. Todavia, a potência do leitor (através da antena), que define a intensidade e o alcance do campo eletromagnético produzido, geralmente limitado por regulamentos.

A tarefa mais comum que um leitor desempenha é a leitura dos dados armazenados nas etiquetas. Para os sistemas RFID com capacidade de gravação, um leitor pode realizar um função dupla também gravando dados em uma etiqueta, isto pode ser muito útil porque:

- As etiquetas podem ser produzidas em massa sem dados em suas memórias. Um leitor pode ser usado para inicializar a memória de uma etiqueta com base nos requisitos da aplicação;
- Com uma etiqueta de leitura e gravação, os dados podem ser alterados, adicionados ou até mesmo eliminados a qualquer momento durante o ciclo de vida;
- Os comandos para a leitura e escrita das etiquetas são feitos através de software específico de cada leitor.(DIAS, apostila de treinamento, p.49, 2015).

## 2.6 MIDDLEWARE

No processo corporativo o uso da tecnologia RFID tem despertado cada vez mais sua aplicabilidade, seja no rastreamento de animais, identificação de itens, varejo, logística e armazéns. Em todas essas áreas o RFID provê um melhor acompanhamento dos itens identificados e o compartilhamento das informações com seus parceiros comerciais.

Apesar de sua aplicabilidade, integrar as leituras automatizadas de RFID aos processos de negócios geridos por sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) entre outros, pode ser algo complexo de ser feito devido a diversidade, quantidade de leitores e volume de dados RFID gerados por uma rede de leitores. Uma solução para estreitar essa ponte entre o mundo físico do RFID e as aplicações corporativas consiste no uso de uma plataforma de *middleware* RFID.

Segundo VAZ (2012, p.150) o uso do *middleware* tem o propósito de integrar dados RFID aos processos de negócio, sendo responsável por coletar dados de vários leitores, filtrar os dados coletados, transforma-los em eventos com semântica de negócio e integrar os eventos capturados ou gerados com a lógica de negócio que rege o processo de uma empresa.

Citado por Vaz (2012, p.150) apud Coulouriset *al.*(2005), *middleware* é uma camada de software intermediária entre a aplicação e o restante do sistema. Essa camada fornece abstrações para o desenvolvimento de aplicações distribuídas, bem como para o mascaramento da heterogeneidade das redes, do hardware, sistemas operacionais, linguagens de programação, dentre outros.

Vale ressaltar que uma aplicação não necessariamente necessite de um *middleware* para interagir com a rede leitores RFID, no entanto isso demanda que todo processo de comunicação com os leitores, protocolos, abstração das informações coletadas das etiquetas, envio dos comandos de leitura e escrita nas *tag's* seja tratado para que o volume de dados gerados pela infraestrutura RFID não prejudique no desempenho do restante dos processos que utilizem o mesmo banco de dados e consequentemente o mesmo fluxo de rede.

Em sistemas ou aplicações de médio e grande porte fica evidente a dificuldade de tratar todas essas questões, o que diminuiria consideravelmente toda a produtividade, manutenção do sistema RFID e a escalabilidade com a fácil integração de novos componentes, dessa forma um local de instalação e implantação de um

*middleware*RFID depende das necessidades e do escopo da aplicação. De maneira geral, empregamos *middleware* quando:

- Número de clientes é alto;
- Tráfego intenso de informações;
- Acesso aos serviços é denso;
- Alta disponibilidade dos serviços é crucial.

O *middleware* é uma ponte entre os componentes do sistema RFID (leitores e etiquetas) e o software aplicativo do computador central, além de executar outras duas funções importantes:

- Monitora a saúde e a situação do dispositivo (leitor);
- Gerencia a infraestrutura e o fluxo de dados específicos de RFID, ou seja, etiqueta e leitor.

Para atender às necessidades comuns de diferentes aplicações RFID, é desejável que as implementações de *middleware* RFID satisfaçam os requisitos apresentados a seguir, Citado por Vaz (2012, p.156) apud Floerkemeier et al.,(2007).

- Leitura e escrita em Etiquetas RFID;
- Gerenciamento de configurações e falhas;
- Agregação de dados;
- Filtro de dados;
- Interpretação de dados;
- Disseminação de dados;
- Integração com sistemas legados;
- Conformidade com padrões *middleware*.

### 2.6.1 Padrões de Middleware RFID

A EPCglobal definiu um conjunto de padrões de serviços *middleware* que especificam os protocolos e as interfaces a serem atendidos pelas implementações de *middleware*. A EPCglobal define em seus padrões apenas interfaces, não implementações, portanto os provedores de solução *middleware* RFID que utilizam esses padrões podem criar e inovar da melhor maneira possível, os principais padrões utilizados são:

- *ApplicationLevelEventes* (ALE), padrão que define interface para coleta, filtragem e agrupamento dos dados EPC obtidos de uma rede de leitores RFID,
- *EPC Information Services* (EPCIS), padrão que define métodos que dão semântica aos dados EPC filtrados pelo ALE,
- *Reader Management* (RM), padrão que define interfaces para um serviço de gerenciamento e monitoramento de uma rede de leitores RFID.

## 2.7 PADRÕES

Os padrões representam um papel crucial na implementação de uma tecnologia, proporcionando interoperabilidade dos componentes e reduzindo o risco de não conformidades regulatórias. As organizações ISO e EPCglobal são as principais desenvolvedoras dos padrões RFID, bem como padrões de captura automática de dados.

A EPCglobal é um empreendimento da GS1. Trata-se de uma fundação sem fins lucrativos, criada para controlar, desenvolver e promover padrões baseados nas especificações do sistema EPC. Seu objetivo é orientar a adoção desse sistema como padrão mundial para identificação imediata, precisa e automática de qualquer item da cadeia de suprimentos de qualquer empresa, de qualquer setor e em qualquer parte do mundo.(DIAS, apostila de treinamento, p.50, 2015)

### 2.7.1 EPC – Código Eletrônico de Produto

O código eletrônico de produto (EPC) define uma nova arquitetura que define recursos oferecidos pela tecnologia de rádio frequência, tem como premissa fazer uso completo das mais recentes infraestruturas como é a internet, significando uma mudança no conceito de identificação de itens.

O EPC foi desenvolvido pelo Auto-ID Center a partir de um objetivo de pesquisa acadêmica do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e que teve laboratórios em cinco importantes universidades de pesquisa no mundo.

O EPC possui uma regra de formação, constituindo dos seguintes itens:

- Cabeçalho;
- Número gerencial EPC;
- Classe do objeto;
- Número serial;

- GTIN (Número Global de Item Comercial) e outras chaves do padrão GS1 que podem ser usadas para construir números EPC únicos.(DIAS, apostila de treinamento, p.52, 2015)

As etiquetas além de identificar o item na qual foram fixadas elas podem também armazenar informações sobre o produto ou item, porém algumas questões devem ser consideradas para o acesso e compartilhamento dessas informações, buscando melhorar esses e outros quesitos a GS1 em 22 de outubro de 2014 ratifica o novo padrão para as etiquetas RFID chamado GEN2, conforme destaca também RAMPIM (2014).

Os benefícios para os parceiros da cadeia de suprimentos que implantam o padrão Gen2v2 podem ser traduzidos como:

- Suporte para embutir as etiquetas RFID nos equipamentos eletrônicos;
- Memória de usuário aprimorada para aumentar a flexibilidade de codificações (gravações) suplementares durante o ciclo de vida de um produto;
- Suporte para autenticação de criptografia de etiquetas RFID e leitores, com a finalidade de verificar a origem, restringir o acesso ao sistema RFID e reduzir o risco de falsificação;
- Recursos aprimorados de privacidade, ou seja, restringir o acesso a uma parte dos dados do conteúdo da etiqueta RFID, restringir os privilégios de acessos a estas etiquetas e por fim, reduzir o alcance de leitura das etiquetas RFID.

A mudança na nova padronização foi nas referências das normas existentes no mundo, ou seja, não se referencia mais normas do ETSI (European Telecommunications Standards Institute), mas apenas as ISO/IEC. Dentre as referenciadas da ISO/IEC, destacam-se a inclusão da ISO/IEC 29167-1, que trás informações tecnológicas de serviços de segurança para as interfaces aéreas para os sistemas RFID e a nova ISO/IEC 18000-63, que especifica as interações físicas entre os leitores e as etiquetas RFID, os procedimentos operacionais e comandos dos leitores e etiquetas e o esquema de anti-colisão utilizado para identificar uma etiqueta RFID específica em um ambiente com múltiplas etiquetas RFID.

Termos e definições também foram acrescentados, tais como Asymmetric key pair, uma chave privada e a sua correspondente chave pública usada em conjunto para a formação de uma criptografia assimétrica. E o interessante Extended Tag Identifier (XTID), que é um indicador na construção da memória da etiqueta RFID que define suas capacidades e que pode incluir um número de série da mesma. Este indicador pertence ao banco de memória TID, o qual contém o identificador de classe do fabricante do CI.

## 2.7.2 Padrões ISO

A ISO (*International Organization for Standardization*) é uma rede não governamental de institutos de padrões nacionais de 148 países, com um membro por país, coordenada por suas matrizes em Genebra na Suíça, entre os principais padrões da ISO que afetam a tecnologia de RFID são:

**ISO 11784, 11785 e 14223:** Estes padrões contêm a estrutura de código de identificação por rádio frequência para animais;

**ISO 10536, 14443 e 15693:** Estes padrões abrangem as características físicas, a interface aérea e a inicialização e o protocolo anti-colisão e de transmissão dos cartões de proximidades;

**ISO 10374:** Esse padrão especifica todos os requisitos necessários do usuário para identificação automática de contêineres de frete, incluindo sistema de codificação de dados, descrição de dados, critérios de desempenho e recursos de segurança;

**ISO 15961, 15962 e 15963:** Estes padrões se aplicam às técnicas de identificação automática e de captura de dados para o gerenciamento de itens, incluindo o protocolo de dados, interface de aplicação, as regras de codificação de dados, as funções lógicas da memória e a identificação exclusiva das etiquetas de RF.

**ISO 18000:** Diversos padrões dessa série 18000 focam o RFID para gerenciamento de itens, a ISO 18000 partes de 1 a 7 tratam dos parâmetros para as comunicações com as interfaces aéreas para frequências globalmente aceitas. A ISO 18046 foca nos métodos de testes de desempenho das etiquetas e leitores de RFID, enquanto a ISO 1847 trata dos métodos de testes de conformidade dos dispositivos de RFID.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa que foi realizada neste trabalho pode ser classificada como aplicada. Isto porque buscamos soluções para o problema apontado no ambiente, pois tem a finalidade de gerar conhecimentos para aplicação prática à solução de problemas específicos (DA SILVA, 2001).

Quanto à metodologia, o trabalho terá o caráter qualitativo, descrevendo nosso objeto de estudo com mais profundidade através da exploração do problema apontado. Esta opção se justifica porque o método escolhido permite a formulação hipóteses sobre ele.

Enquanto procedimento, este trabalho realizar-se-á por meio de observação direta, porém seguindo alguns critérios, a observação será feita em campo de forma sistemática, com planejamento e técnica, com envolvimento e participação do observador, que neste caso é único.

A pesquisa bibliográfica será utilizada como base de contexto teórico para a expressão de informações e complemento ao desenvolvimento da pesquisa. Estas ferramentas permitirão descrever de forma cronológica o acontecimento dos fatos, testes e hipóteses para que possam seguir e realizar o experimento, onde será apresentado um estudo de caso de implantação do projeto como forma de verificar que a conclusão da pesquisa será replicável. O material documentado, bem como as respectivas análises, será organizado em relatório de pesquisa componente do estudo monográfico que se pretende construir.

#### 3.1 Coleta de Dados

As empresas sempre estão evoluindo seus processos acompanhando as novas demandas de mercado ou se adequando a novos cenários e necessidades.

Com o processo de armazenagem não foi diferente, o desenvolvimento das atividades dentro das organizações o uso da tecnologia está cada vez mais presente. Antes um trabalho que era feito de forma manual, armazenamento de cafés em sacaria

de juta de 60kg, gradativamente vindo sendo substituído pela armazenagem em *bag's*<sup>1</sup>, o que demandou a utilização de tecnologia para sua armazenagem, localização e atualizações de movimentações.

A fim de levantar mais requisitos para dar precisão e confiabilidade na informatização dos processos, entrevistas não estruturadas foram feitas para identificar e pontuar de que forma os processos devem ser feitos, também foram identificados usuários chave do sistema, além da definição de outros aspectos de integração de informações do sistema ERP com o sistema de gestão do armazém.

Segundo (MASCARENHAS, 2012, p.68) a entrevista serve para levantar informações que não encontramos em fontes bibliográficas, mas podemos obter conversando com as pessoas, dessa forma as visitas e o bate-papo realizado com os usuários do sistema permitiu acrescentar necessidades que precisavam ser atendidas.

Algumas questões importantes foram levantadas quanto aos custos de equipamentos, infraestrutura de rede e comunicação com servidores, pois é importante que a integração entre os processos fosse feita, para que as informações de operações gerenciais e de armazenagem estivessem disponíveis para os usuários do sistema.

Além de todo aspecto de pontuação das informações importantes para o processo, à entrevista contribuiu para a interação e aproximação dos usuários do sistema, facilitando a troca de ideias e favorecendo a implantação da solução, onde os entrevistados sentiram-se mais à vontade em fazer sugestões e apresentar observações que contribuíssem com o desenvolvimento da solução. Esse momento de interação foi importante para que de forma prática e participativa pudesse estar presente e fazer parte das rotinas diárias de gestão e tarefas do armazém de café.

### 3.1.2 Levantamento de Requisitos

Após verificação no ambiente de implantação do projeto e uma aproximação entre os processos de armazenagem e rastreabilidade dos *bag's* dentro do armazém, estamos diante do momento de requisitar informações de operação e pontuar de que forma a tecnologia vai atender as necessidades logísticas e operacionais, além das funções lógicas de um sistema que permita gerenciar todas as informações e processos decorrentes na execução das tarefas do armazém. Dessa forma integrando as informações do processo de coleta de dados foram levantados requisitos funcionais e

---

<sup>1</sup>Bag's são grandes bolsas utilizadas para armazenamento e transporte de itens, nesse caso é utilizado para o armazenamento de grãos de café.

não funcionais, bem como a expressão dessas informações de forma relacional, ou seja, como elas se integram, interagem e geram as informações necessárias para a correta localização, armazenagem e identificação dos *bag's* bem como os usuários, processos e equipamentos que se relacionam, geram e fazem uso das informações.

SOMMERVILLE (2011) comenta que os requisitos de um sistema são a descrição do que um sistema deve fazer os serviços que oferece e as restrições a seu funcionamento. Esses requisitos refletem as necessidades dos clientes para um sistema que serve a uma finalidade determinada, como controlar um dispositivo, colocar um pedido ou encontrar informações.

### 3.1.3 Requisitos Funcionais

Requisitos funcionais descrevem a forma que o sistema de agir ou comportar-se diante de situações de operacionalidade de suas funções ou tarefas, seguindo as orientações dos processos de negócios a que se destina. Os requisitos aqui apontados são os de maior relevância para os processos do armazém, essas informações são apresentadas conforme tabela 1.

**Tabela 1 – Requisitos Funcionais**

| <b>Categoria</b>          | <b>Requisito</b>  |
|---------------------------|---|
| Sistema/Cadastro          | O sistema deve possuir função de cadastros e Alteração de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clientes;</li> <li>• Fornecedores;</li> <li>• Transportes;</li> <li>• Usuários;</li> <li>• Empilhadeira.</li> </ul> |
| Sistema/Cadastro          | As informações de cadastro de cooperados e cadastro de fazendas devem ser integradas com o sistema ERP principal.   |
| Sistema/Autenticação      | O Sistema deve solicitar um ID e Senha para acesso.   |
| Sistema/Tipo de Usuário   | O Sistema deve possuir um controle por nível de usuário como parâmetro para acesso as funções.  |
| Sistema/Grupo de Usuários | O sistema deve possuir grupos específicos de usuários para controle de permissões de uso e acesso a determinadas funções.   |

|   |  |
|---|--|
| Sistema/Entrada de Notas Fiscais          | O Sistema deve permitir o lançamento de notas fiscais de entrada   |
| Sistema/Lotes de café                     | Controlar a entrada de lotes para o estoque  |
| Sistema/Recebimento de Café               | O Sistema deve receber os bag's de café e criar uma ID dentro do banco de dados                                      |
| Sistema/Etiqueta                          | Quando descarregado o café o sistema deve gerar uma etiqueta com as informações do bag para o setor de classificação |
| Sistema/Armazenagem                       | As informações de armazenagem devem ser gravadas pela empilhadeira   |
| Sistema/Remoção de Bag's                  | O controle de remoção dos bag's deve ser feito pela empilhadeira   |
| Sistema/Rastreabilidade                   | Os bag's devem ser rastreados/visualizados no armazém em tempo real  |
| Sistema/Estoque                           | As informações de estoque devem ser disponível em tempo real e impressão   |
| Sistema/Bloqueio de Bag's                 | O bag não poderá ser incluído em uma venda por motivos específicos   |
| Sistema/Classificação                     | As informações de classificação dos cafés devem ser extraídas por meio de integração com o sistema ERP principal     |
| Sistema/Controle de transferência         | O sistema deve permitir e controlar a transferência de estoque de café entre associados                              |
| Sistema/Controle de venda                 | O sistema deve controlar a compra de cafés em bag por terceiros (empresas)   |
| Sistema/Liberação de Bag                  | O sistema deve controlar a liberação de bag's para a venda   |
| Sistema/Controle de Ligas                 | O sistema deve permitir a criação de ligas (junção de lotes de café)   |
| Sistema/Controle de Ligas                 | O sistema deve permitir a emissão de relatórios, cadastros e controle de ligas de café.                              |
| Sistema/Controle de Descarga de café      | O sistema deve controlar e informar o café que está na moega para ser descarregado                                   |
| Sistema/Controle de saída                 | Controlar a saída de cafés   |
| Sistema/Relatório entrada e saída de café | Emitir relatórios de entrada e saída de cafés  |
| Sistema/Gerenciamento de Armazém          | Mostrar em tela um desenho do armazém com a localização dos bag's  |
| Sistema/Módulo Web                        | Módulo web para consultas gerenciais, entrada de notas fiscais e redundância do sistema.                             |

Fonte: o autor.

Os requisitos apresentados foram levantados e pontuados levando em consideração as entrevistas com os usuários do sistema e gestor do armazém de bag, bem como as necessidades e regras de negócios da empresa. Para tornar melhor os processos e evitar retrabalho algumas informações foram integradas com o sistema ERP principal, informações de cadastro de cooperados e classificação de cafés, o sistema de

gestão do armazém oferece essas funcionalidades, porém os usuários dos setores (cadastro e classificação) fazem uso do ERP para imputar as informações, dessa forma é mais lógico e prático extrair esses dados do sistema e atualizar o banco de dados do SIGA (Sistema de Gestão de Armazéns).

### 3.1.4 Requisitos Não Funcionais

Requisitos não funcionais são condições que o software deve atender, ou qualidades específicas, são requisitos que tangenciam suas funcionalidades.

SOMMERVILLE (2011) comenta que esses requisitos podem estar relacionados as propriedades emergentes do sistema, como confiabilidade, tempo de resposta e ocupação de área e ainda acrescenta que os requisitos não funcionais como desempenho, proteção ou disponibilidade, normalmente especificam ou restringem as características do sistema como um todo, a tabela 2 demonstra o levantamento dos requisitos não funcionais.

**Tabela 2 – Requisitos Não Funcionais**

| <b>Categoria</b> | <b>Requisito</b>   |
|------------------|--|
| Desempenho       | Sistema programado e codificado em linguagens de alto nível em três camadas, rede cabeada em fibra optica e servidor próprio para o sistema. |
| Utilização       | Sistema Multitarefa e Multiusuário   |
| Disponibilidade  | Disponível 24 horas por dia, 7 dias por semana.(desde que tenha rede)  |
| Flexibilidade    | Módulo web disponível.   |
| Segurança        | Apenas usuários cadastrados e com permissões tem acesso a dados confidenciais, Backup automático diariamente.                                |
| Confiabilidade   | Relatórios específicos, log's de eventos   |
| Robustez         | Componentes (computadores, cabos e antenas) protegidos para uso industrial.  |
| Adequação        | Equipamentos RFID homologados pela ANATEL.   |
| Suporte          | “In Loco”, remoto, via chat ou telefone.   |

FONTE: O AUTOR.

### 3.1.5 Modelagem e Diagramas

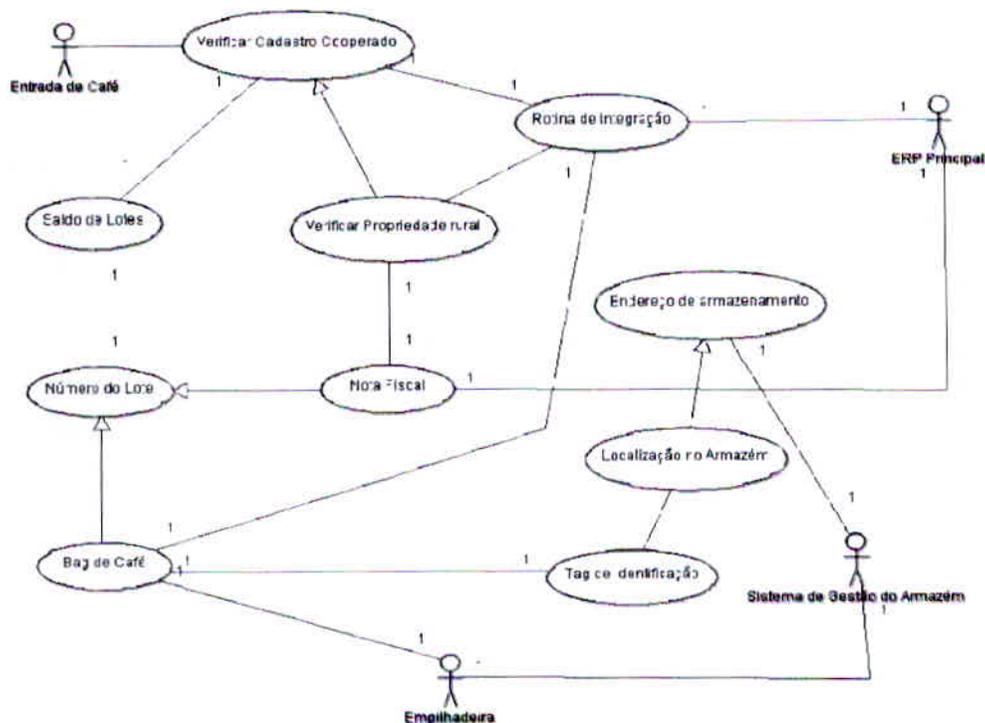
A modelagem apresenta de forma abstrata a formatação do sistema, utilizado como auxílio para a visualização de requisitos, das funções e operações do sistema.

Um caso de uso pode ser explicado como uma macroatividade que encerra diversas tarefas ou atividades. Essas tarefas visam à consecução dessas macroatividade. (MEDEIROS, 2004, p.36).

### 3.1.6 Diagrama de caso de uso

Apresentaremos a seguir o Diagrama de Caso de Uso, que visa demonstrar a forma com que as ações, decisões e fluxo de dados agem e interagem com as ações de usabilidade do sistema ou quando o usuário inicia um processo e quando ele termina.

Figura 1 – Diagrama de caso de uso | Entrada e armazenamento de café



Fonte: O autor.

A figura 1 descreve um dos processos mais importantes, que é a entrada de café e seu correto armazenamento e localização dentro do armazém. O ERP principal faz a emissão da nota fiscal para que o café do cooperado seja coletado, chegando à cooperativa é feita a entrada dessa nota já com as informações de cadastro e fazenda do cliente validadas, dessa forma o sistema de gestão do armazém inicia os processos de

armazenamento, criando o lote, inserindo saldo nesse lote, em seguida o *bag* é criado dentro do sistema, na bolsa do *bag* é colocada a *tag* com a identificação e informações de entrada (nota fiscal, número do lote, saldo, cooperado e peso), a empilhadeira coleta esse *bag* e o transporta para um endereço aleatório ou designado pelo gestor do armazém, armazenado o *bag* imediatamente é informado à localização por meio da rede wi-fi que está acoplado ao micro terminal embarcado na empilhadeira, atualizando o armazém e o correto endereço que contém as informações de quadra e altura que o *bag* foi armazenado.

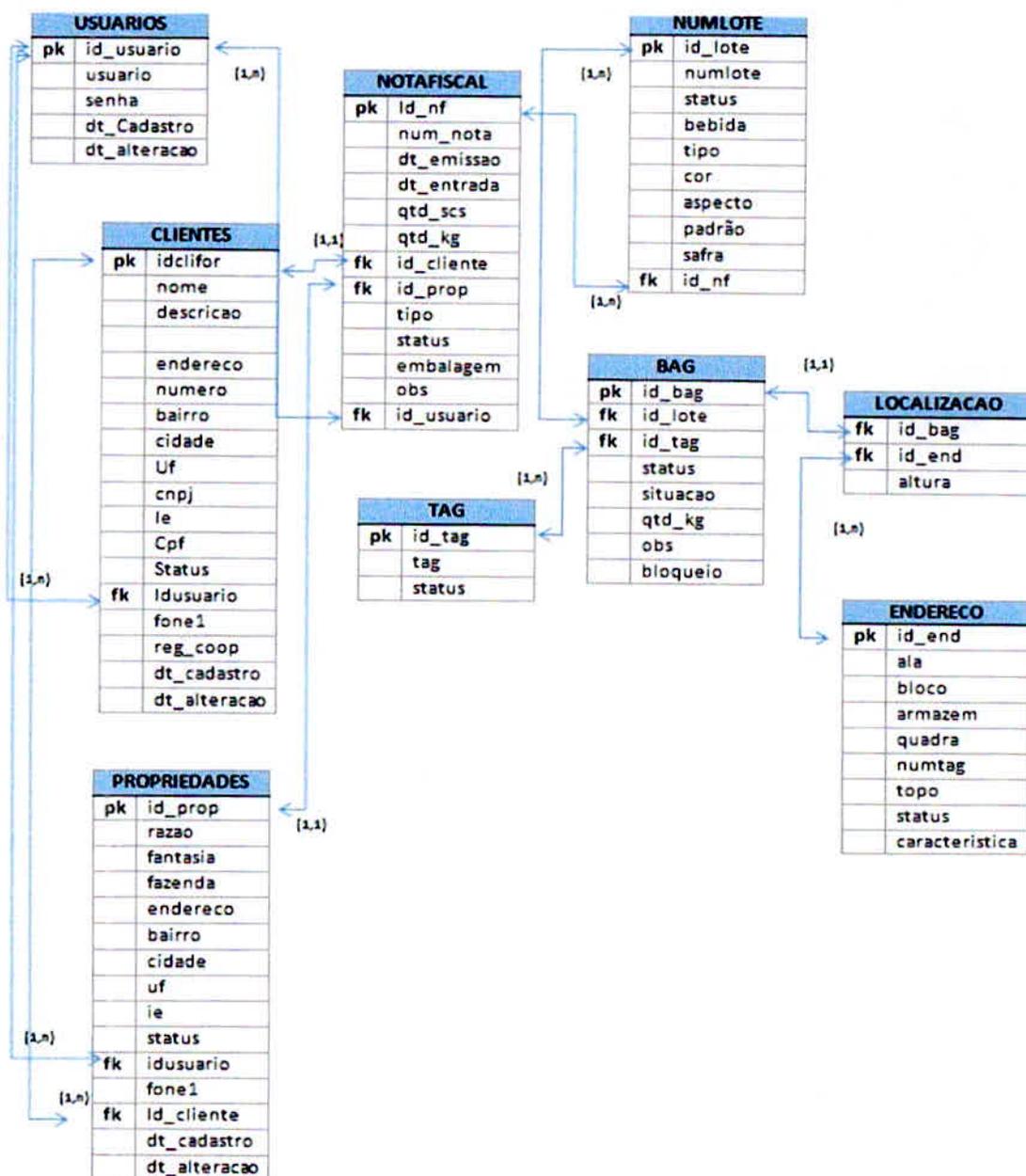
No sistema ERP principal é feito todo processo de classificação do café, quanto aos seus aspectos, feito isso uma rotina de integração é executada e atualiza essas informações de classificação do lote que foi armazenado, pois como a nota fiscal é gerada no ERP principal o número desse lote é igual para ambos os sistemas.

O sistema de gestão de *bag*'s do armazém atua de forma independente do sistema ERP, pois não retorna informações para ele, apenas interagem com atualizações de cadastro e classificação de café.

### 3.1.6 Diagrama de entidade de relacionamento

Esse diagrama representa a estruturação e a relação das informações dentro do contexto para qual o sistema foi designado, a representação abaixo exemplifica a relação das informações para o processo de entrada de café.

Figura 2 – Diagrama de entidades | Entrada de café x armazenamento x endereço



Fonte: O autor.

A relação das informações é fundamental para que se tenha uma maior confiabilidade nos processos, onde um requisito atenda ao outro de forma que a tarefa seja executada e atendida como um todo, pois a relação de entrada de café, armazenamento e sua correta localização dentro do armazém são fundamentais para a gestão, além dos processos de movimentação interna que são recorrentes e constantes.

#### 4.0 ESTUDO DE CASO

A evolução do processo e a sua melhoria ocorrem quase que naturalmente, os cafés eram armazenados em sacaria e por uma questão de melhoria e agilidade de processos e também por necessidade e adequação para o recebimento a granel a empresa teve que adaptar-se, ou seja, melhorar seus processos. Dessa forma os cafés recebidos em grãos deveriam ser armazenados em *bag's*, mas a forma como seria feito já era praticado por outras cooperativas e armazéns gerais, o desafio era como armazenar, endereçar e localizar (rastreadabilidade) esses *bag's* dentro dos armazéns e disponibilizar essas informações para os gestores.

Um desafio grande e inovador, pois buscar esse tipo de solução no mercado foi difícil, por não existirem empresas capazes de desenvolver soluções dentro das necessidades levantadas.

Para VASCONCELOS et al.(2008), o processo de inovação é extremamente complexo, no qual o desafio para empresa não está somente na criação de um ambiente propício a geração de novas ideias para o aprimoramento de seus produtos e processos .É preciso muito trabalho para vencer as resistências naturais que surgem sempre que uma nova ideia é proposta, bem como muita perseverança e, as vezes, muitos gastos ate se comprovar a viabilidade dessa nova ideia e, finalmente, implanta-la (KRUGLIANSKAS, 1996).

O modelo para adoção de inovação, adaptado por Vasconcelos (2008), apresentado a seguir na figura 1.

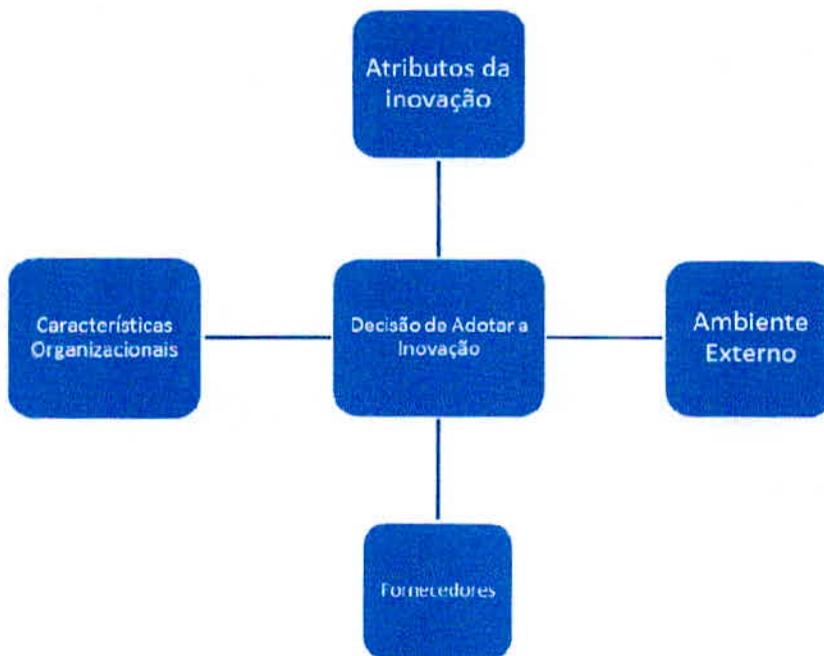


Figura 1: Adaptado Vasconcelos 2008.

Para isso a cooperativa criou e flexibilizou um ambiente favorável a inovação, permitindo e estabelecendo parceria com a empresa desenvolvedora da solução. Dessa forma o processo teve início com levantamento de informações, envolvimento da equipe interna e externa (empresa desenvolvedora), análise do ambiente de implantação, funcionalidades, necessidades de gestão. No decorrer do projeto novas demandas surgiram, como a necessidade de integração com o ERP principal.

Avaliado esses quesitos o projeto seguiu para a estruturação de comunicação de rede entre armazém e servidor, afim de conectar e compartilhar as informações geradas, concluída essa etapa o levantamento de equipamentos de RFID bem como suas características foram definidas e dessa forma iniciamos a automação das empilhadeiras, marcação com as *tag's* no chão do armazém e do encapsulamento das *tag's* RFID que identificam o item, no caso o *bag* para sua rastreabilidade.

#### 4.1 Equipamentos e Sistema

Os equipamentos utilizados no projeto foram todos de frequência 900mhz, pois a leitura das *tag's*, tanto as que mapeiam o armazém quanto as que identificam o item são feitas por aproximação, não necessitam de leitura a médias e grandes distancias.

- Leitor: Padrão RFID de 900mhz.
- Antena: Polarização Horizontal Circular Direita
- Tags: 900Mhz.
- *Middleware*: Foi desenvolvido pela empresa responsável, não houve necessidade de contratação de outros.

Com o armazém previamente demarcado e identificação numérica das alas e dos blocos que compõe cada endereço, foram utilizadas as *tag's* de 900mhz para identificar as alas e seus respectivos blocos, conforme a imagem 1 ilustra o posicionamento de um *bag* filtrado pela sua *tag* de identificação nº 292, posicionado no armazém 6, ala 55, bloco B na altura 5, o módulo para consultas é totalmente web.

Figura 1: Endereçamento do armazém



Fonte: O autor

Dessa forma para identificarmos todos os três armazéns foram gastas 1.233 (mil duzentas e trinta e três) *tag's* RFID de 900mhz, além de outras marcações de identificação como a entrada de cada armazém, os lados de alçamento do *bag* e da tulha onde é descarregado o café a granel, as *tag's* do chão foram encapsuladas com um material que não interfere na transmissão, conforme figura 2 demonstra.

Figura 2: Tag encapsulada identificando a Ala.



Fonte: O autor.

Para identificação dos itens, que são os *bag's* foram usadas 4.932 (quatro mil novecentas e trinta e duas) *tag's* RFID de 900mgz devidamente encapsuladas para serem acondicionadas nos *bag's*, para uma reserva técnica caso alguma apresente falha ficou disponível mais 68 (sessenta e oito) *tag's* de mesmo padrão, totalizando 5 mil, conforme a figura 3 ilustra a *tag* devidamente encapsulada que vai identificar o item.

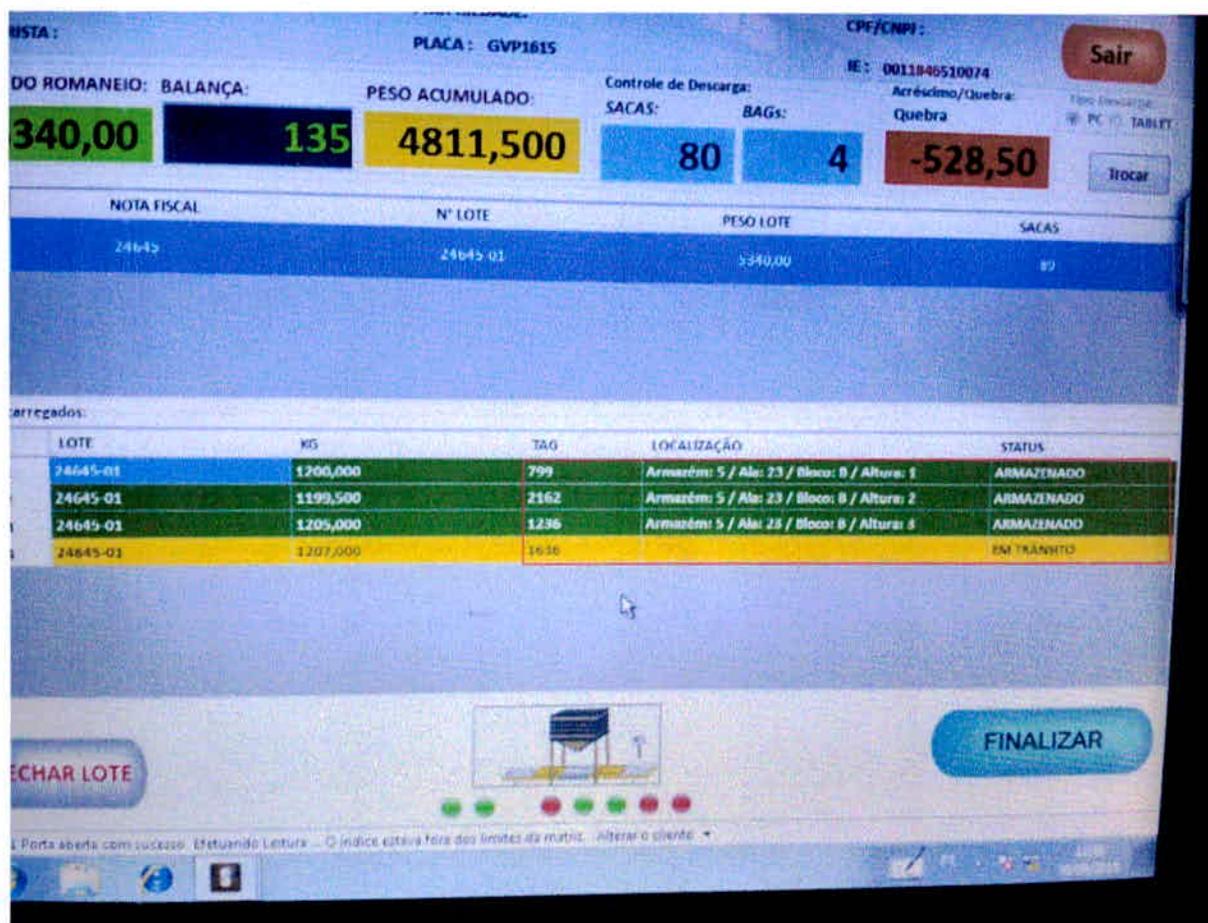
Figura 3: Tag para identificação dos *bag's*.



Fonte: O Autor.

Para que todo processo funcione e o correto endereçamento seja atualizado foi feita automação da empilhadeira com antenas e leitores RFID para a gravação da correta localização e armazenagem dos bag's. A balança que faz a descarga do café em grão também foi automatizada e colocado um micro terminal de consulta e acompanhamento da operação de armazenamento, conforme a imagem 4 ilustra.

Figura 4: Painel balança bag



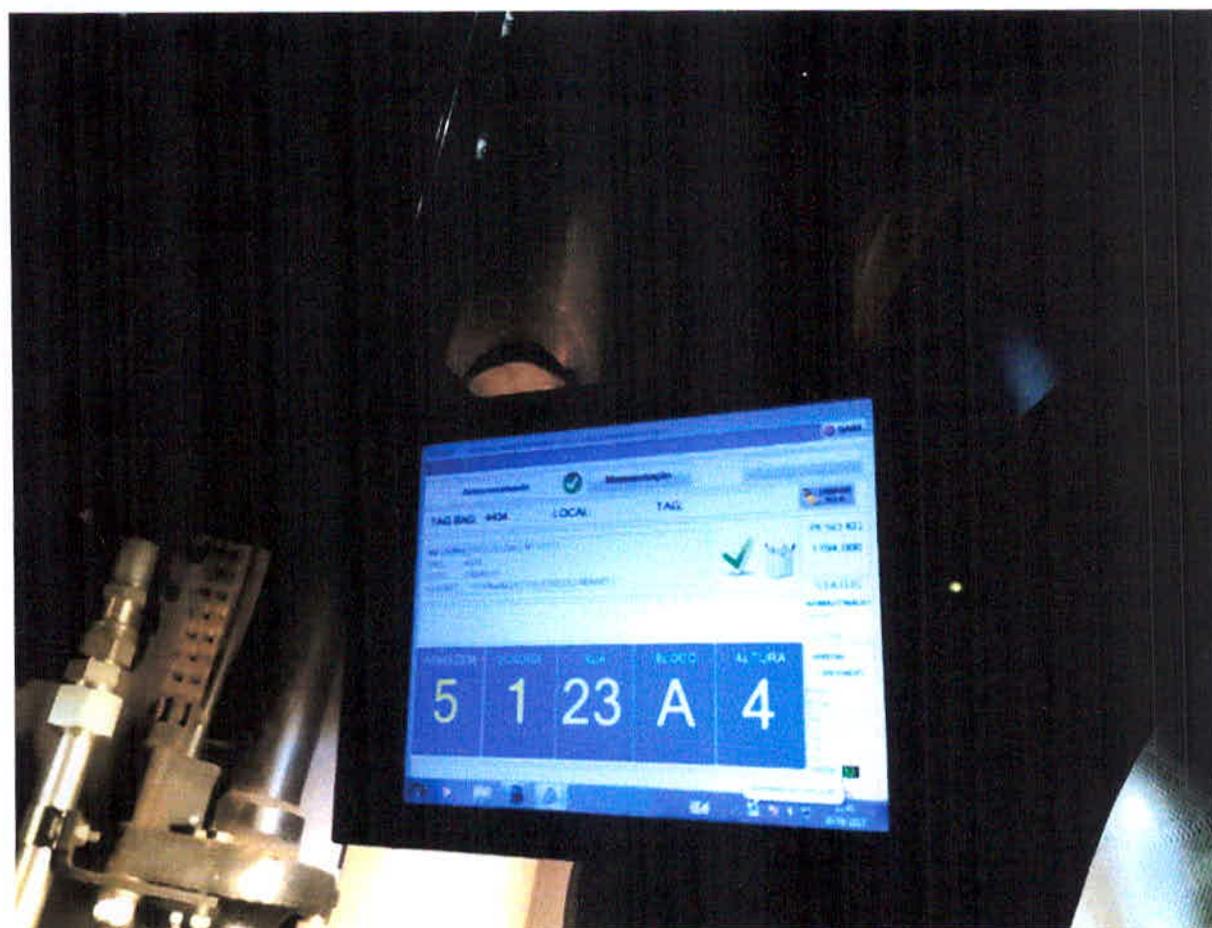
Fonte: O Autor

A imagem 4 mostra o processo de recebimento de café e criação dos lotes, conforme os bag's são cheios e liberados para armazenagem a empilhadeira alça e os deposita em um endereço aleatório que assim que finalizado é informado no painel da

balança na coluna localização o seu endereço ficando indicado em verde com seu status atualizado, quando o bag ainda está em direção ao local de destino a faixa amarela indica que está em transito aguardando armazenamento.

Paralelo ao processo na empilhadeira o condutor pode acompanhar no seu terminal o status do processo e posteriormente ao armazenamento é informado o endereço no qual o bag foi depositado, conforme imagem 5.

Figura 5: Painel da empilhadeira



Fonte: O autor.

## 5.0 CONCLUSÃO

Assim como nas áreas de logística, hospitalar, de identificação de itens de estoque, rastreabilidade de gado e pedágios, nos armazéns de café, o RFID mostrou-se uma tecnologia capaz de incrementar os processos administrativos. Seguindo os critérios de levantamento de ambiente para implantação da tecnologia, o RFID gera resultados que justificam seu investimento.

No caso da cooperativa apresentada, na primeira safra de implantação 2015/2016 com total utilização do sistema, o RFID trouxe grande vantagem se comparado a outros métodos de coleta e consulta de informações e também diante da utilização de métodos de armazenamento em sacaria de juta.

Para efeitos de comparação foi realizada uma análise hipotética para o processo de embarque de café com volume de 500 sacas de 60kg e 25 bag's com capacidade de 20 sacas. O RFID mapeou e localizou precisamente todos os lotes de café armazenados em bag conforme a classificação desejada, o responsável do armazém utilizou os que estavam melhor posicionados, evitando movimentações desnecessárias, dessa forma reduzindo tempo e custo. No processo de embarque por sacaria para conclusão da operação seriam necessárias 6 pessoas, com um tempo estimado de 60 minutos, com custo de R\$ 28,00 por pessoa/hora. Na hipótese por bag o mesmo processo consome 30 minutos e 3 pessoas, com custo de R\$ 14,00 por pessoa/hora, ou seja, o novo processo gerou uma economia de 50% em custo de embarque e 50% em tempo de serviço.

Nos processos de armazenamento e localização de bag's, mostrou-se eficiente e assertivo na real posição de um bag rastreado, para fins de auditoria interna e prestação de contas para fins legais. A contagem de estoque e localização de itens mostrou-se rápida e eficiente, em pouco tempo foi possível pontuar o estoque de cafés em *bags*. Buscas, consultas de estoque e funcionalidades apontadas nos requisitos foram atendidas e contribuem para o desenvolvimento das operações logísticas do armazém.

O software que faz parte do processo de implantação gera e traz em tela os resultados obtidos com a coleta de informações efetuadas pelos equipamentos RFID instalados nas empilhadeiras, que são ponto chave para automatização do processo de armazenagem e movimentação de estoque. Esse software facilita a gestão, pois dentro do módulo armazém é possível visualizar a posição do estoque de cada bag, além de

filtros para consulta, como tipo de bebida, padrão, catação, defeitos, esses aspectos obedecem a critérios de classificação informados pelo setor responsável da cooperativa.

O setor em questão monta as ligas de café com características em comum, como bebida, por exemplo, o software traz em tela a posição do bag filtrado na pesquisa, facilitando a formação dessas ligas para embarque e contribuindo para operação logística, buscando por bag's que estão em uma posição mais eficiente, gerando menos movimentações, reduzindo custos.

O processo de formação de ligas antecede ao embarque, quando chega a esse ponto do processo, todos os bag's já foram separados e identificados dentro do sistema, pois é informado no terminal do empilhadeira que o bag que ele alçou ou apenas aproximou a antena RFID da sua tag de identificação que o bag está separado para embarque.

Uma próxima etapa de aplicação do RFID seria para a gestão de amostras de cafés, que são separadas e guardadas em prateleiras, conforme seu lote de entrada e data, essas amostras são usadas para a prova de bebida do café, onde ele é classificado conforme suas características, poderia ser criado um histórico de quantas vezes aquele lote foi provado, seus resultados de classificação, se depois de um certo período for provado novamente se houve mudança em algum aspecto, todas as informações ficariam disponíveis no sistema para consultas e comparações.

**REFERÊNCIAS**

AMAZONAS. José Roberto de Almeida. **Projeto: Coordination and Support Action for Global RFID – Related Activities and Standardization CASAGRAS.**

Disponível em: <http://www.rfidglobal.eu/userfiles/documents/CASAGRAS26022009.pdf> Acesso em 02 de Setembro de 2015.

BARDIN. Manoel Vitório. **Antenas.** In: Hessel, Villar, Dias, Baladei (Org.). **Implementando RFID na Cadeia de Negócio: Tecnologia a Serviço da Excelência.** 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012.

DIAS. Renata Rampim de Freitas. **Regulamentação do espectro de frequência para o sistema RFID.**Rfidjournal. 2013.

Disponível em: <http://brasil.rfidjournal.com/artigos/vision?10509>.> Acesso em 26 de Agosto de 2015.

DIAS. Renata Rampim de Freitas. **“Apostila de Treinamento”. Curso: RFID Implementation. RFID Center of Excellence Training Center, Sorocaba, 2015, 134 p.**

HESEL, Fabiano. **Implementando RFID na Cadeia de Negócio: Tecnologia a Serviço da Excelência.** 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012.

MASCARENHAS, Sidnei Augusto. **Metodologia Científica.** 1. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

MEDEIROS, Ernani Sales de. **Desenvolvimento de software com UML 2.0: Definitivo.** São Paulo: Pearson Makron Books, 2004.

SANTINI, Arthur Gambin. **RFID: Conceitos, Aplicabilidade e Impactos.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2008.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software;** tradução: Ivan Bosnic e Kalinka G. de O. Gonçalves; revisão técnica KechiHirama9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.