

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CRISTIANO MANHÃES DE OLIVEIRA

**REDUÇÃO DE CUSTOS EM PROCESSOS DE INVENTÁRIO COM RFID
UTILIZANDO CÓDIGOS LIVRES**

CAMPOS DOS GOYTACAZES

Agosto – 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CRISTIANO MANHÃES DE OLIVEIRA

**REDUÇÃO DE CUSTOS EM PROCESSOS DE INVENTÁRIO COM *RFID*
UTILIZANDO CÓDIGOS LIVRES**

Dissertação apresentada ao Laboratório de Engenharia de Produção - LEPROD, da Universidade Estadual do Norte Fluminenses Darcy Ribeiro - UENF – Campos RJ, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof.(a): Gudelia Morales de Arica

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

Agosto – 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

O48 Oliveira, Cristiano Manhaes de.

REDUÇÃO DE CUSTOS EM PROCESSOS DE INVENTÁRIO COM RFID UTILIZANDO
CÓDIGOS LIVRES / Cristiano Manhaes de Oliveira. - Campos dos Goytacazes, RJ,
2018.

69 f.

Bibliografia: 58 - 64.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual do
Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e Tecnologia, 2018.

Orientadora: Gudelia Guillermina Morales de Arica.

1. Gestão de estoques. 2. Identificação por Rádio Frequência. 3. Internet das
Coisas. 4. Engenharia dos Dados. 5. Ciência dos Dados. I. Universidade Estadual do
Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 658.5

CRISTIANO MANHÃES DE OLIVEIRA

**REDUÇÃO DE CUSTOS EM PROCESSOS DE INVENTÁRIO COM *RFID*
UTILIZANDO CÓDIGOS LIVRES**

Dissertação apresentado ao Laboratório de Engenharia de Produção - LEPROD, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF – Campos RJ, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovada em 31 de Agosto de 2018.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a Gudelia Morales de Arica – D.Sc

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF

Prof. José Ramón Arica Chávez – D.Sc

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF

Prof. Luiz Henrique Zeferino – D.Sc

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF

Prof. Italo de Oliveira Matias – D.Sc

Universidade Candido Mendes – UCAM-Campos

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem Ele nada seria possível. Aos meus pais, Raul e Francisca, por todo o suporte desde a infância.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ser a minha sustentação, principalmente nos momentos mais difíceis e por colocar no meu caminho as pessoas que me ajudaram nessa longa trajetória, entre as quais não posso listar, por ser uma lista muito grande e para não correr o risco de esquecer de ninguém

Agradeço a minha família, meus pais e meu irmão, que sempre torceram e acreditaram no meu sucesso, inclusive nos momentos mais difíceis.

A minha orientadora Gudelia, por acreditar nesse trabalho desde o início, mesmo eu não sendo ex aluno da UENF, vindo de instituições particulares.

Agradeço também aos professores Arica e Italo por compartilharem seu conhecimento e experiência ao longo desse projeto.

Agradeço a todos os professores, que contribuíram com a minha formação e também aos funcionários da UENF, que possibilitaram a conclusão desse curso.

Aos amigos e colegas que de alguma forma contribuíram eu agradeço a todos, não irei citar nomes como disse anteriormente, mas saibam que sempre lembrarei de vocês.

“Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temeria mal algum, porque tu estás comigo; a tua vara e o teu cajado me consolam”.

(Salmos 23:4)

RESUMO

Diante do atual ambiente de negócios, extremamente competitivo, uma das possibilidades para se buscar a redução de custos e satisfação do cliente é a melhoria dos processos das organizações. A tecnologia *RFID (Radio Frequency Identification)* pode tornar isso possível através da rastreabilidade dos ativos das companhias. Essa tecnologia é difundida em âmbito mundial e a pesquisa com relação ao tema no Brasil vem crescendo. Todavia, essa tecnologia esbarra nos seus custos de implantação, nas empresas brasileiras.

A obtenção de uma maior eficiência na administração de estoques poderá criar uma diferença perante os concorrentes, reduzindo tempos de atendimento, maior qualidade nas informações e redução de custos, possibilitando dessa forma obter um diferencial competitivo, uma vez que o atendimento à linha de produção em tempo hábil possibilita a eficiência da produção além da maior satisfação do cliente. Além disso, imprecisões ou erros no processo de armazenagem são os principais responsáveis por perdas de itens não detectados, deslocamentos desatualizados e incoerências entre a armazenagem física e os registros nos Sistemas de Informação.

Fundamentado nesses argumentos, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema, que faz a interface com a tecnologia *RFID*, baseado em ferramentas *open source (NodeJS, Python e MongoDB)*; aplicando-os com ajuda do ambiente *Rifidi* (que simula a aplicação dos equipamentos *RFID*), objetivando obter redução de custos no desenvolvimento desse tipo de sistema.

Com essa pesquisa foi possível mostrar que é possível diminuir os custos relacionados aos processos de desenvolvimento do sistema (em torno de 27%), visto que não foi necessária a compra de equipamentos, no início do projeto, nem licenciamento de *software*.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de estoques, Identificação por Rádio Frequência, Internet das Coisas, Engenharia dos Dados, Ciência dos Dados.

ABSTRACT

Given the current highly competitive business environment, one of the possibilities for cost reduction and customer satisfaction is the improvement of organizations' processes. RFID (Radio Frequency Identification) technology can make this possible through the traceability of company assets. This technology is widespread worldwide and research on the subject in Brazil has been growing. However, the implementation of this technology runs against its implementation costs, as the main barrier in Brazilian companies.

Achieving greater efficiency in inventory management can create a difference vis-à-vis competitors, reducing service times, improving quality of information and reducing costs, making it possible to achieve a competitive advantage, since timing enables production efficiency beyond customer satisfaction. In addition, inaccuracies or errors in the warehousing process are primarily responsible for loss of undetected items, outdated offsets, and inconsistencies between physical storage and records in Information Systems.

Based on these arguments, the present work presents the development of a system that interfaces with RFID technology, based on open source tools (NodeJS, Python and MongoDB); applying them with the help of the Rifidi environment (which simulates RFID equipment), in order to obtain cost reduction in the development of this type of system.

With this research it was possible to show that it is possible to reduce the costs related to the development processes of the system (around 27%), since it was not necessary to purchase equipment at the beginning of the project or to license software.

KEYWORDS: *Inventory Management, Radio Frequency Identification, Internet of Things, Data Engineering, Data Science.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Tecnologias associadas à <i>IoT</i>	15
Figura2- <i>Internet of Everything(LoE)</i>	16
Figura 3 - GartnerHyperCycle, Julho de 2017.....	18
Figura 4 - Primeira etapa metodológica.....	21
Figura 5 - Uma típica cadeia de suprimentos.....	22
Figura 6 - A evolução da logística para a cadeia de suprimentos.....	23
Figura 7 - Pirâmide com nível hierárquico das informações.....	25
Figura 8 - (a) Código de barras, (b) Data Matrix, (c) QR CODE.....	26
Figura 9 - Fluxo de informações com RFID numa cadeia de suprimentos.....	28
Figura 10 - Interrogador e <i>transponder</i>	30
Figura 11 - Funcionamento de sistemas RFID.....	34
Figura 12 - Exemplo de tag passiva.....	35
Figura 13 - Principais linguagens com relação aPush.....	38
Figura 14 – Exemplo de um documento BSON.....	41
Figura 15 - Exemplo de Collection.....	41
Figura 16 – Arquitetura do sistema.....	43
Figura 17 Estrutura de pastas do projeto web.....	46
Figura 18 - Projeto no GitLab Fonte: O autor.....	47
Figura 19 - Sistema sendo executado via terminal no Ubuntu Fonte: O autor.....	48
Figura 20 - Sistema sendo executado via terminal no Ubuntu Fonte: O autor.....	48
Figura 21 - Versão do Java.....	49
Figura 22 – Código, em Python, para execução de coleta dos dados em Python.....	49
Figura 23 - Dados resultantes da simulação armazenados no MongoDB.....	50
Figura 24 - Gráfico de custos somente com mão de obra e hospedagem.....	54
Figura 25 - Gráfico de custos com mão de obra, hospedagem e aquisição de equipamento RFID.....	54

Figura 26 - Gráfico de custos com mão de obra, hospedagem, aquisição de equipamento RFID e licenças.	54
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxa de erro para diferentes métodos de captura de dados.....	27
Tabela 2 - Resumo do histórico do desenvolvimento do RFID e sua disseminação.....	33
Tabela 3 - Exemplos de aplicações usando Python e RFID.	40
Tabela 4 - Comparação de custos de Ferramentas.	51
Tabela 5- Comparação de custos de mão de obra.....	51
Tabela 6 - Comparação de custos de mão de obra.....	53

LISTA DE SIGLAS

EPC – *Eletronic ProductCode*

HF – *High Frequency*

IFF – *Identification Friend or Foe*

LF – *Low Frequency*

NFC –*Near Field Communication*

QR CODE –*Quick Response Code*

RFID – *Radio Frequency Identification*

ROI – *Return on Investment*

UHF – *Ultra High Frequency*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	15
1.1 <i>IoE</i>	16
1.2 <i>IoNT</i>	17
1.3 Metodologia	20
CAPÍTULO 2 - A GESTÃO DE ESTOQUES	22
2.1 A Cadeia de Suprimentos e Armazenagem	22
CAPÍTULO 3 - A TECNOLOGIA <i>RFID</i>	28
3.1. <i>RFID</i>	28
2.2.1 Histórico da <i>RFID</i>	29
2.2.2 A Tecnologia	34
CAPÍTULO 4 - O SISTEMA DESENVOLVIDO E SUAS TECNOLOGIAS.....	38
4.1. Tecnologias	38
4.2. NodeJS.....	39
4.3. Python	40
4.4. MongoDB	41
4.5. <i>Rifidi</i>	43
4.7. A Arquitetura proposta.....	43
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS	45
5.2 Código Fonte.....	46
5.3 Simulação com o <i>Rifidi</i>	48
5.4 Análise de Custos	50
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS.....	58
ANEXO 1.....	65
1.1 O Sistema	66
1.1.1 Tela de <i>Login</i>	66
1.1.2 <i>Dashboard</i>	67
1.2.3 Cadastros Básicos	68
1.2.4 Listagem dos Dados.....	68

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A humanidade vive em um ritmo de desenvolvimento tecnológico nunca visto na história, nesse contexto, a Internet das Coisas (*Internet of Things / IoT*), ou ainda Internet dos Objetos, busca uma conexão plena entre o mundo real e o mundo virtual (Miraz et al., 2017; Aydos e Ferreira, 2016).

A *IoT* é a combinação de tecnologias, como objetos inteligentes, a Identificação por Radiofrequência (*Radio Frequency Identification / RFID*), o *GPS* (*Global Positioning Systems*) e dispositivos móveis todos conectados via internet (Aydos e Ferreira, 2016; Da Xu et al., 2014). Uma relação das tecnologias associadas à *IoT* é mostrada na Figura 1.

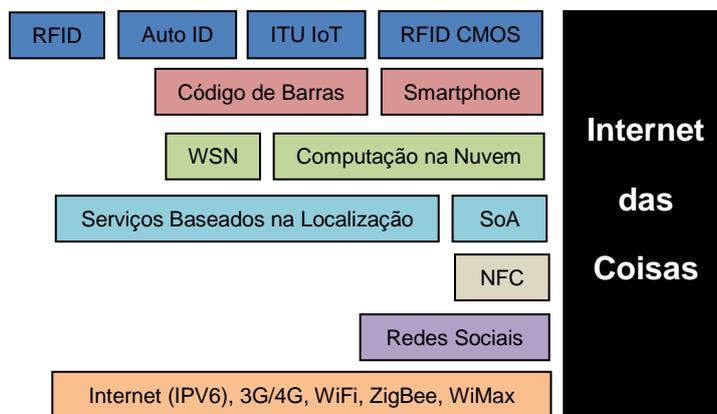


Figura 1- Tecnologias associadas à *IoT*

Fonte: Adaptado de Da Xu et al (2014)

Como representado na Figura 1, a *IoT* é a comunicação desempenhada entre um conjunto de tecnologias, tais como *RFID*; *ITU* (*International Telecommunications Union*); *CMOS* (*Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*); *WSN* (*Wireless Sensor Networks*), *SoA* (*Service oriented Architecture*); *NFC* (*Near Field Communication*) dispositivos que permitem a troca de informação por proximidade; Redes Sociais, Zig Bee, protocolo que se parece muito com o *Bluetooth*, *Wi Max*

(Worldwide Interoperability for Microwave Access, Interoperabilidade Mundial, para Acesso, via Micro-Ondas), etc.

1.1 *IoE*

A *IoE* (*Internet of Everything/ Internet de Tudo*), conforme mostrado na Figura 2, engloba a *Internet* das coisas, pois a *IoT* está relacionada somente a “coisas”, enquanto que *IoE* engloba coisas, pessoas, processos e dados, além disso, a *IoE* também é ampliada a processos comerciais e industriais (Miraz et al., 2017).

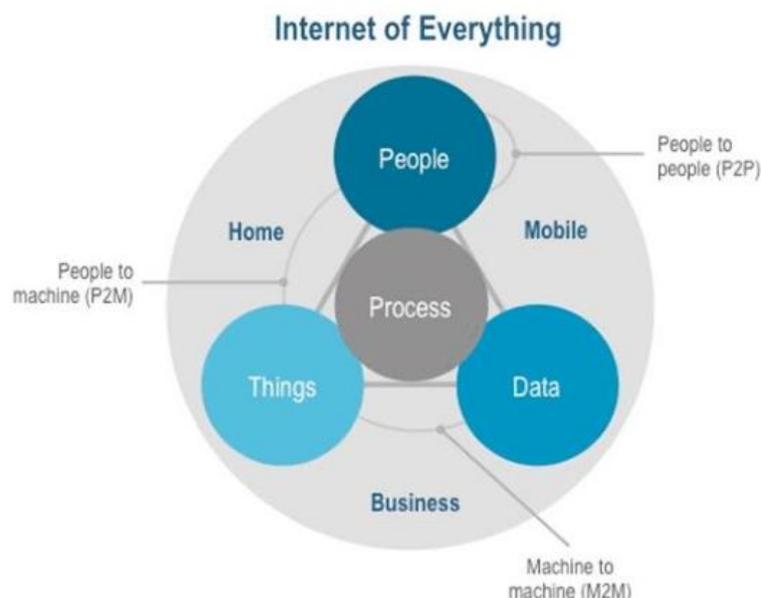


Figura2- *Internet of Everything(IoE)*
Fonte:Miraz et al. (2017)

A possibilidade das cidades desenvolverem sistemas para processamento de grandes quantidades de dados (*Big Data*), para controle de tráfego, monitoramento do crescimento agrícola, educação, saúde, etc., as coloca como potencial versão em escala da *IoT*, tornando-as Cidades Inteligentes (*Smart Cities*) (Miraz et al., 2017).

1.2 *IoNT*

O conceito de *IoNT* (*Internet of Nano Things*) surge quando nano-sensores são incorporados em diversos objetos, através do uso de nano-redes (Miraz et al., 2017), foi introduzido por Akyildiz e Jornet (2010), usando nano-antenas baseadas nanotubos de carbono formados por folhas de grafeno enroladas, cristal bidimensional estável isolado com alta mobilidade eletrônica, condutividade térmica e resistência mecânica (Zarbin e Oliveira, 2013), operando em, frequência eletromagnética em unidade de, *Terahertz* (Balasubramaniam e Kangasharju, 2013).

Devido ao tamanho do sensor, a *IoNT* fornece acesso a dados em locais anteriormente impossíveis de detectar ou a instrumentos inacessíveis. Isso permite que novos dados sejam coletados, levando potencialmente ao refinamento do conhecimento existente, novas descobertas e melhores diagnósticos (Balasubramaniam e Kangasharju, 2013).

O *BlockChain*, é uma tecnologia de rede distribuída de dados ponto-a-ponto, onde os membros podem interagir uns com os outros sem um intermediário, essa ausência de intermediário possibilita a realização de transações de forma mais rápida e segura entre duas ou mais pessoas. Tudo isso é possível através da utilização da criptografia, uma ferramenta da computação matemática, que é a característica chave das redes *BlockChain* (Christidise Devetsikiotis, 2016).

A empresa de consultoria de tendências em tecnologia, o *Gartner Hype Cycle* (Ciclo *Hype* de *Gartner*) periodicamente apresenta, de forma gráfica, uma análise da direção de novas tecnológicas e outras inovações, baseada em pesquisas e julgamentos de especialistas (Gampfer et al., 2018).

O Ciclo *Hype* de *Gartner* mostra o tempo de vida de uma determinada tecnologia, desde o início, passando pela maturidade, até o seu declínio. Isso ajuda no planejamento de negócios (Gartner, 2018). O relatório de julho de 2017 mostrada

na Figura3, revela que a IoT tem seu pico mais alto por exemplo, que o *BlockChain*, com cinco a dez anos para atingir sua maturidade.

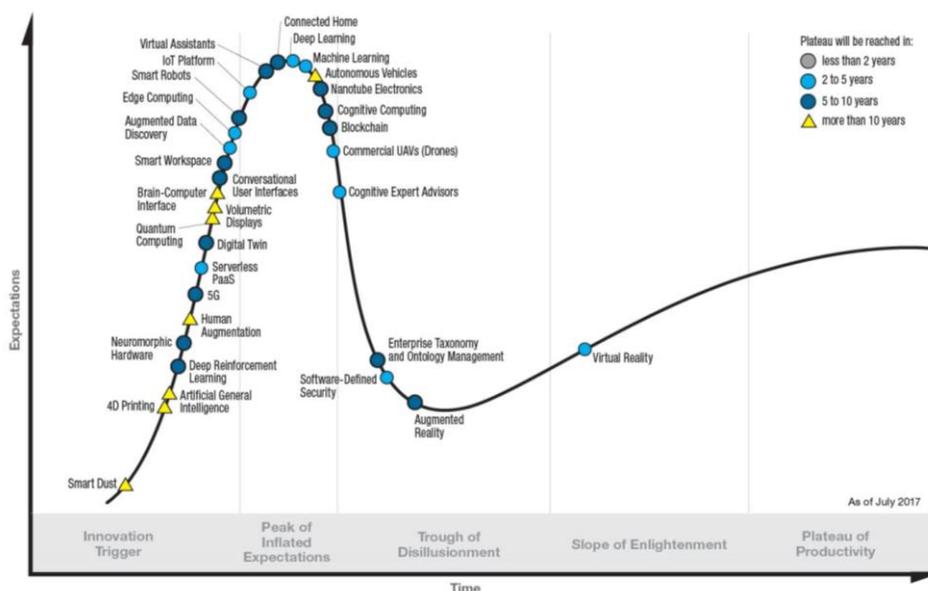


Figura 3 - GartnerHyperCycle, Julho de 2017

Fonte: (Gartner, 2018)

A partir do relatório gráfico Gartner, 2018, pode-se dizer que se confirma a percepção da realidade, de que a *IoT* tem levado a automação para o próximo nível. Permitindo a otimização de processos, controle de dispositivos com mínima intervenção humana, além de melhorar o monitoramento de grande quantidade de dados (Tommy et al., 2015). Tem se tornado cada vez mais abrangente ao ser aplicada em áreas como: *SmartCities*, *Smart Homes* e Indústria 4.0 (Nukalaet al., 2016).

Especialistas estimam que os dispositivos conectados à *IoT* tenham um crescimento exponencial nos próximos anos, com 50 bilhões de dispositivos conectados até 2020 e uma média de 6,58 dispositivos conectados por pessoa (Evans, 2011).

A *IoT* vem ganhando atenção das organizações, com os avanços nas tecnologias de comunicação sem fio, smartphones e redes de sensores. Devido a isso, cada vez mais coisas, em rede ou objetos inteligentes, estão sendo envolvidos na *IoT* (Da Xu et al., 2014).

As organizações têm dado mais atenção à redução de custos, esse desafio muitas vezes envolve a entrega dos produtos no momento correto e na localização desejada (De Vicente et al., 2010). A melhor gestão dos estoques pode ajudar a alcançar esse objetivo.

Diante do atual ambiente de negócios extremamente competitivo, uma das possibilidades para se buscar a redução de custos e satisfação do cliente é a melhoria dos processos das organizações. A tecnologia *RFID* pode tornar isso possível através da rastreabilidade dos ativos das companhias (Ribeiro et al., 2009).

A *RFID* é difundida em âmbito mundial e as pesquisas com relação ao tema no Brasil vêm crescendo (Oliveira et al., 2017-a). Todavia, a utilização dessa tecnologia esbarra em barreiras, tais como alto custo para implantação (Moretti e Anholon, 2016; Soares et al., 2017).

As imprecisões ou erros no processo de armazenagem são os principais responsáveis por perdas de itens não detectados, deslocamentos desatualizados e incoerências entre a armazenagem física e os registros nos Sistemas de Informação (Bottani e Rizzi, 2008).

Através de uma eficiente administração da armazenagem é possível a redução de estoques, a otimização da movimentação e da utilização do armazém, o atendimento rápido ao cliente e à linha produtiva, a redução do índice de material obsoleto, precisão e acurácia das informações. (Veríssimo e Musseti, 2003).

Existem, no mercado, ferramentas que facilitam e tornam a informação mais acurada além de aumentar a velocidade do fluxo de informações (Monteiro e Bezerra, 2003), destacando-se a *RFID*. Apesar de essa tecnologia trazer muitos benefícios para as organizações e ser amplamente difundida em âmbito mundial, ela ainda é pouco utilizada no Brasil (Haddad et al., 2016), onde a principal barreira para sua implantação nas empresas é seu alto custo (Moretti e Anholon, 2016).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema baseado em ferramentas *open source*, para a melhoria de processos relacionados a inventários. Para efeitos de aplicação, simulam-se os equipamentos associados a *RFID*, obtendo uma redução de custos no desenvolvimento desse tipo de sistema. Os objetivos específicos da pesquisa são:

- Desenvolver sistema *web*, que seja *responsivo*, utilizando ferramentas *open source*, para redução de custos na fase desenvolvimento e implantação do sistema;
- Simular a utilização do sistema sem a utilização de antenas ou leitores manuais, para que se exclua a necessidade de compra de equipamentos para os processos de desenvolvimento e testes do sistema;
- Implementar os módulos de recebimento, inventário e expedição de materiais.

Dessa forma, o presente trabalho tratará a hipótese a seguir:

Ferramentas *open source* podem ser aplicadas no desenvolvimento de sistemas que utilizam a tecnologia *RFID*, para obtenção na redução de seus custos, que atualmente são a maior barreira para a implantação dessa tecnologia nas empresas brasileiras, além de dificultar a realização de novas pesquisas no país.

1.3 Metodologia

Desde que a *RFID* é uma tecnologia com uma literatura extensa, são utilizadas ferramentas bibliométricas para a escolha dos trabalhos mais relevantes, relacionados ao tema.

A metodologia do presente trabalho é dividida em 3 partes:

1. Revisão bibliográfica;
2. Desenvolvimento do sistema;
3. Simulação do Sistema;

A revisão bibliográfica utilizou o método de revisão de mapeamento sistemático, que são usadas para estruturar uma área de pesquisa (Petersen *et al.*, 2015), com a utilização de ferramentas *open source*, tais como *Zotero* para organização dos documentos e o sistema *R* para coleta e análise dos dados em bases como *Scopus* e *Web of Science*, para posterior escolha dos autores e artigos mais relevantes para a presente pesquisa (método semelhante ao utilizado em Oliveira *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2016 (a); Soares *et al.*, 2017 (a)).

Uma representação da metodologia é mostrada na Figura4:

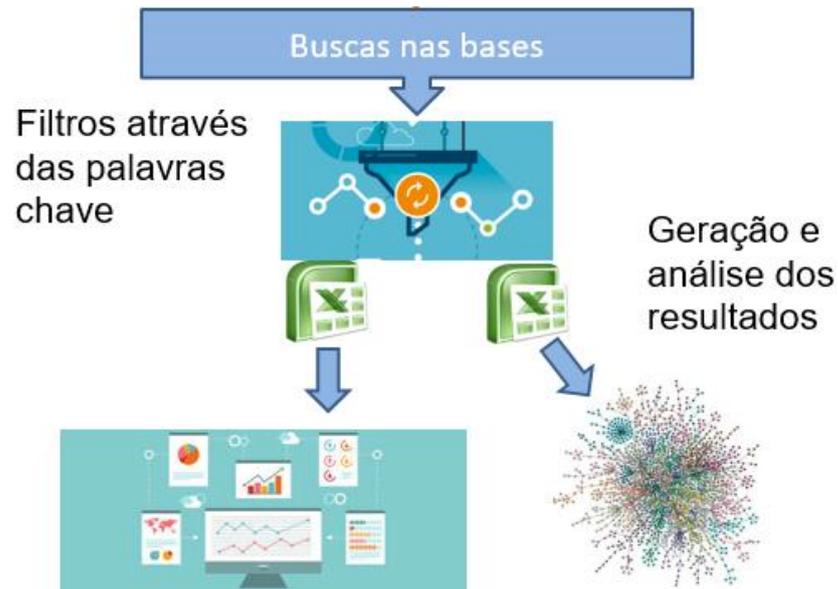


Figura 4 - Primeira etapa metodológica

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos além da presente introdução, organizados da seguinte forma:

O segundo capítulo trata da exposição da metodologia utilizada, tanto para realização da revisão bibliográfica, quanto da metodologia para o desenvolvimento do sistema.

O capítulo três trata da gestão de estoques e suas tecnologias, onde é realizada uma explanação sobre o processo de armazenagem em uma cadeia de suprimentos além das tecnologias utilizadas.

O capítulo 4 são mostrados os conceitos fundamentais relacionados à tecnologia *RFID*.

Posteriormente, no capítulo 5 são discutidas algumas das tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do sistema proposto além da aplicação, pela qual, será realizada a simulação do ambiente de almoxarifado como também a arquitetura do sistema proposto.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões obtidas com o trabalho, seguidas pelas referências bibliográficas e um anexo contendo imagens de algumas das telas do sistema criado, como produto deste trabalho.

CAPÍTULO 2 - A GESTÃO DE ESTOQUES

2.1 A Cadeia de Suprimentos e Armazenagem

A globalização e a busca por vantagem competitiva têm obrigado as organizações a expandirem suas operações internas em complexas cadeias de suprimentos, em muitos casos internacionalmente (Musa e Dabo, 2016).

A cadeia de suprimentos consiste de uma série de estágios (fornecedores, controle de estoques, transportes, vendas, etc.) e atividades conectadas ao longo do canal, onde matérias-primas se transformam em produtos acabados, aos quais se agrega valor (Ballou, 2006; Ravindran e Warsing Jr, 2012). Quando pontos de venda, fábricas e fontes de matérias-primas não possuem a mesma localização e o canal representa uma sequência de etapas de produção, as atividades logísticas podem se repetir inúmeras vezes até o produto final (Ballou, 2006). Uma cadeia de suprimentos refere-se ao fluxo de bens físicos e informações, da fonte ao consumidor (Ustundag e Tanyas, 2009). Um exemplo é mostrado na Figura 5.

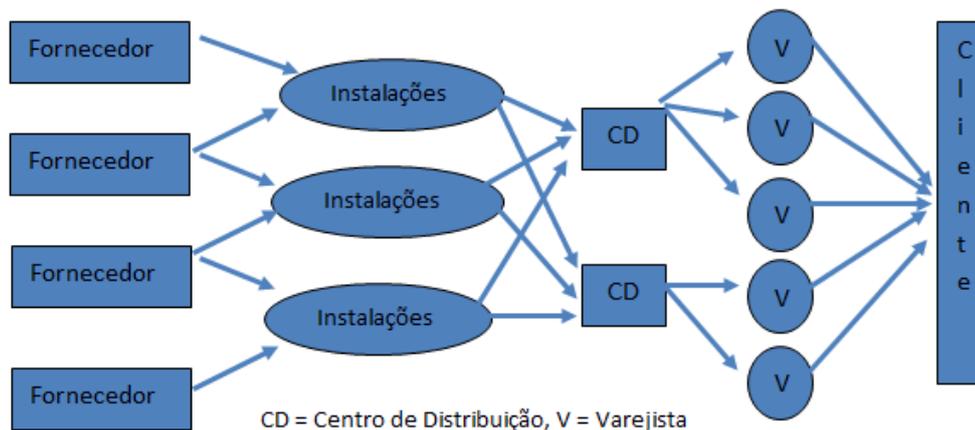


Figura 5 - Uma típica cadeia de suprimentos.
(Adaptado de Ravindran e Warsing (2012)).

O canal físico de suprimento corresponde ao espaço entre as fontes de materiais de uma empresa e seus pontos de processamento; o canal físico de distribuição está entre os pontos de processamento da empresa e seus clientes. Essas atividades são integradas na Logística Empresarial. A gestão da logística empresarial passou a ser chamada de gerenciamento da cadeia de suprimentos (Ballou, 2006), essa evolução pode ser observado na Figura 6:

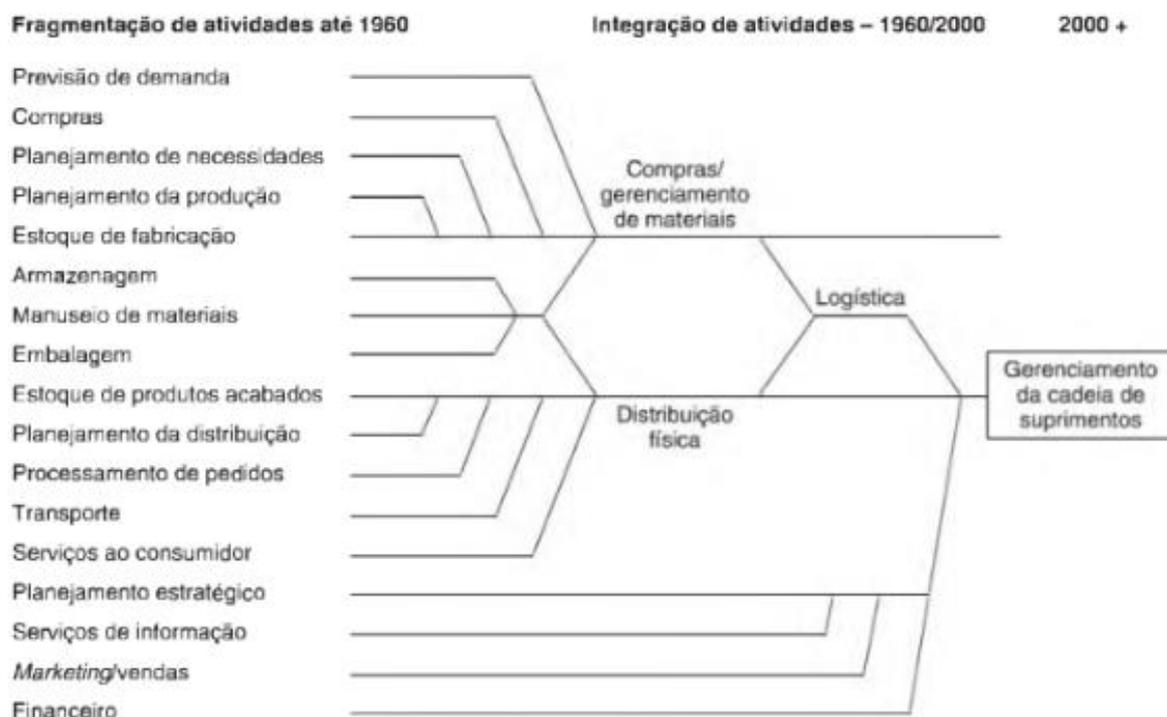


Figura 6 - A evolução da logística para a cadeia de suprimentos.
(Fonte: Ballou (2006))

A gestão de estoques está presente em todos os tipos de organização, como também na vida cotidiana das pessoas, a humanidade vem usando os estoques desde o início de sua história, dos mais variados recursos, dentre eles podemos citar alimentos e ferramentas (Garcia *et al.*, 2006). Em tempos remotos da história da humanidade, os produtos mais consumidos não estavam disponíveis em épocas de maior demanda, nem eram produzidos nos locais onde eram mais consumidos; sendo assim, as mercadorias eram consumidas nos locais de origem ou eram levadas para outros locais, sendo armazenados para posteriormente serem consumidas (Ballou, 2006).

O controle de estoques é parte vital do composto logístico, pois estes podem absorver de 25% a 40% dos custos totais, representando uma porção substancial do capital da empresa. Portanto, é importante a correta compreensão do seu papel e de como devem ser gerenciados. O processo de armazenagem é geralmente, o terceiro maior custo de todos os custos logísticos, perdendo apenas para o transporte e igualando-se à manutenção de estoques (Rago, 2002).

A política de estoque preocupa-se essencialmente com a necessidade de investimentos de capital em estoque e com as quantidades de materiais para atendimento à produção. O seu objetivo básico é não deixar faltar material para a fabricação e consumo, o que, se ocorrer, implicará em perdas financeiras irrecuperáveis. Para isso o Almoxarifado acompanha o planejamento de vendas e o processo de produção, flexibilizando o estoque e observando as mudanças de mercado (Rosa, 2003).

As imprecisões ou erros no estoque são os principais responsáveis por perdas de itens não detectados, deslocamentos, armazenamentos desatualizados e incoerências entre a armazenagem física e os registros nos Sistemas de Informação (SI) (Bottani e Rizzi, 2008).

Através de uma eficiente administração da armazenagem é possível a redução de estoques, a otimização da movimentação e da utilização do armazém, o atendimento rápido ao cliente e à linha produtiva, a redução do índice de material obsoleto, precisão e acurácia das informações, etc. (Veríssimo e Musetti, 2003). Assim, é possível diminuir custos, melhorar a integração do processo de armazenagem com os demais processos da organização e melhorar o atendimento ao cliente.

O propósito do armazém é prover espaço para o fluxo de materiais entre as funções comerciais e operacionais e, através da integração de suas atividades, satisfazer ao mais alto nível de serviços aos clientes, ao custo mais baixo possível (Moura, 1997).

A exploração Logística como arma estratégica é o resultado da combinação de sua crescente complexidade, com a utilização intensiva de novas tecnologias. Na base dessas tecnologias, está a revolução da TI (Tecnologia da Informação) que vem marcando o cenário mundial nas últimas décadas (Fleury *et al.*, 2000). Os

sistemas de informação possibilitam o controle de toda a companhia, desde a produção, até às finanças (Neves e Santos, 2007).

Um diagrama em forma pirâmide mostrado na figura 7, que é a forma hierárquica na maioria das empresas, pode ser utilizado para classificar os dados nas empresas, que após passarem por diversas fases e filtros, são compilados em relatórios, para os tomadores de decisão que estão nos níveis mais altos da empresa, como a entrada de dados muitas vezes era manual, esteve esta sujeita a erros (Günther *et al.*, 2008).



Figura 7 - Pirâmide com nível hierárquico das informações.
(Adaptado de Günther (2008)).

Existem, no mercado, tipos de ferramentas que facilitam e tornam a informação mais acurada para aplicação na cadeia de suprimentos (Monteiro, Bezerra, 2003), algumas são:

- Código de barras (*barcode*) – é a tecnologia mais conhecida em estoques (Asadi, 2011), pode ser linear (1D), no formato de linhas paralelas com diferentes larguras que podem codificar letras e números, além do bidimensional (2D), que pode armazenar grande quantidade de dados sem acessar um banco de dados. Exemplos de códigos de barras 2D são: *Code 49*, *PDF417* e *Data Matrix* (Gao *et al.*, 2017).
- *QR CODE* (*Quick Response Code*) – tem sido utilizado em várias aplicações como manufatura, logística e vendas (LIU *et al.*, 2008), trata-se um código bidimensional de formato quadrado, muitas das vezes representado em forma

binária (*pixels* pretos e brancos), anexo em páginas da *web* ou em cartazes (Huang *et al.*, 2011).

- *NFC* (*Near Field Communication*) – permite a comunicação entre dispositivos utilizando rádio frequência a uma distância menor de 10 cm (Ruttala *et al.*, 2015).
- *RFID* – é uma tecnologia que utiliza as ondas de rádio para a identificação de itens de forma individual (Jones *et al.*, 2004),

A seguir são mostrados exemplos dessas tecnologias na Figura 8:

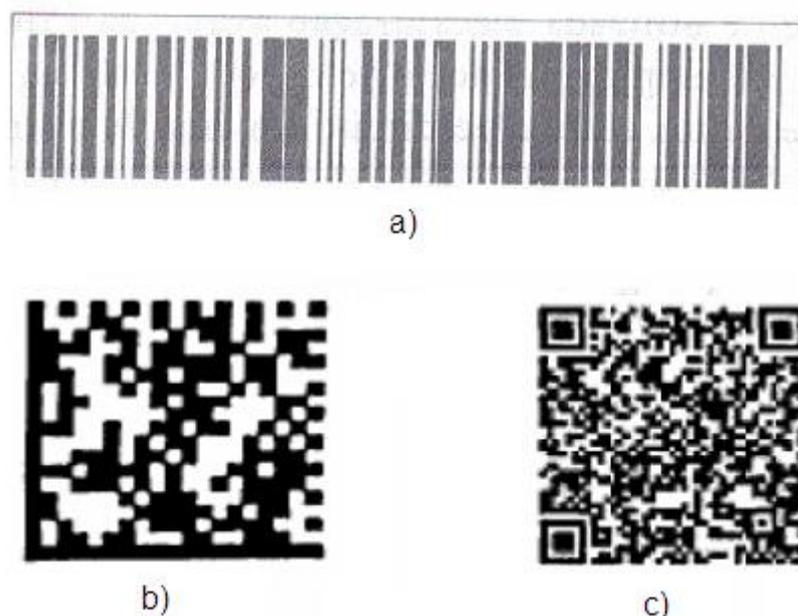


Figura 8 - (a) Código de barras, (b) Data Matrix, (c) QR CODE.
(Fonte: Ballou (1993); Gao *et al.* (2017)).

Todas essas tecnologias servem não apenas para aumentar a velocidade do fluxo de informações, mas também para melhorar a exatidão das informações (Monteiro e Bezerra, 2003). A Tabela 1 mostra a acurácia das informações de algumas dessas tecnologias segundo pesquisa de Asadi (2011).

Tabela 1 - Taxa de erro para diferentes métodos de captura de dados.

Método de captura dos dados	Taxa de erro
Teclado	10,000 em 3 milhões
Código de barras (code 39)	1 em 3 milhões
RFID	1 em 30 milhões

(Fonte: Asadi (2011)).

RFID tem ganhado destaque nas áreas de logística e manufatura, como um sistema inter-organizacional, objetivando a melhoria do desempenho da cadeia de suprimentos (Zhu *et al.*, 2012; Haddad *et al.*, 2016). Essa tecnologia é promissora para a otimização dos processos na cadeia de suprimentos, desde a previsão de demanda até o gerenciamento de estoque e distribuição (Ustundag e Tanyas, 2009).

CAPÍTULO 3 - A TECNOLOGIA *RFID*

3.1. *RFID*

A *RFID* tem sido usada para rastrear e monitorar a informação ao longo da cadeia de suprimentos em diversas tarefas (Ustundag e Tanyas, 2009), tais como: rastrear unidades de carga, identificar caixas e assegurar itens transportados (Asadi, 2011). Uma ilustração do fluxo de informações numa cadeia de suprimentos utilizando *RFID* é mostrada na Figura 9:

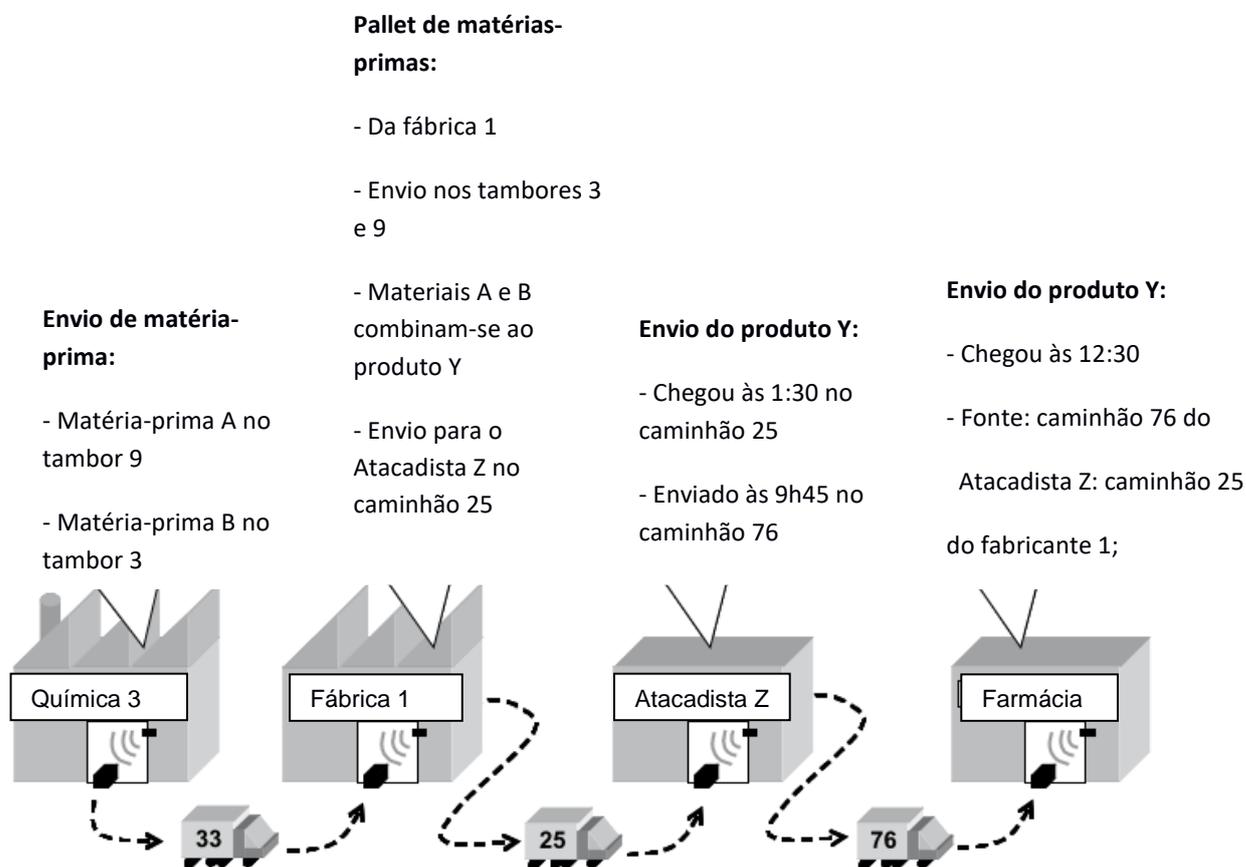


Figura 9 - Fluxo de informações com *RFID* numa cadeia de suprimentos. (Fonte: (Günther *et al.*, 2008)).

A *RFID* não é uma tecnologia recente, começou a ser utilizada por volta da Segunda Guerra Mundial (Landt, 2005), a *RFID* tem sido usada para controlar, garantir e monitorar informações ao longo da cadeia de suprimentos (Ustundag e

Tanyas, 2009), desde o gerenciamento de estoques até o varejo (Pedroso *et al.*, 2009-b). Essa tecnologia possui aplicações em diversas áreas:

- **Aviação** (Mishra e Mishra, 2010);
- **Agricultura** (Costa *et al.*, 2013; Ruiz-Garcia e Lunadei, 2011);
- **Petróleo** (Soares *et al.*, 2017-b; Valverde *et al.*, 2017);
- **Tratamento da Saúde** (Anand e Carter, 2013; Wamba *et al.* 2014; Wen *et al.*, 2010).

A seguir se mostra um histórico com a evolução da tecnologia até os dias atuais.

2.2.1 Histórico da *RFID*

Em 1906, Ernst F.W. Alexanderson mostrou como uma onda de rádio frequência poderia ser transmitida continuamente (Domdouzis *et al.*, 2007; Landt, 2005)

Em 1930 Exército e Marinha dos EUA enfrentaram o problema de identificar alvos no solo, ar e mar. Em 1937, o Laboratório de Pesquisas Navais dos EUA (NRL), liderados por Sir Robert Alexander Watson-Watt, inventor do radar, desenvolveram o sistema *IFF (Identification Friend or Foe)* (Hessel *et al.*, 2011), que permitiu que aeronaves aliadas fossem distinguidas das inimigas (Domdouzis *et al.*, 2007).

Os componentes mais importantes do sistema eram um interrogador e um transponder (Hessel *et al.*, 2011), dispositivo que tem a função de transmitir e receber (Dittmer, 2004), onde o interrogador é o próprio sistema de radar, e o transponder era uma caixa volumosa de tubos com *dials* (marcadores) e interruptores.

A estação no solo enviava um sinal de radar, e o transponder, recebendo esse sinal, o refletia de volta fazendo com que a antena do radar recebesse um retorno mais forte do que de outra forma o teria. O *transponder* também varria a frequência do seu retorno indo e voltando sobre uma pequena faixa quando respondia, fazendo com que o retorno do radar pulsasse de acordo com ritmo

específico (Hessel *et al.*, 2011). A Figura10 mostra os componentes utilizados no Sistema IFF na década dos anos 40.

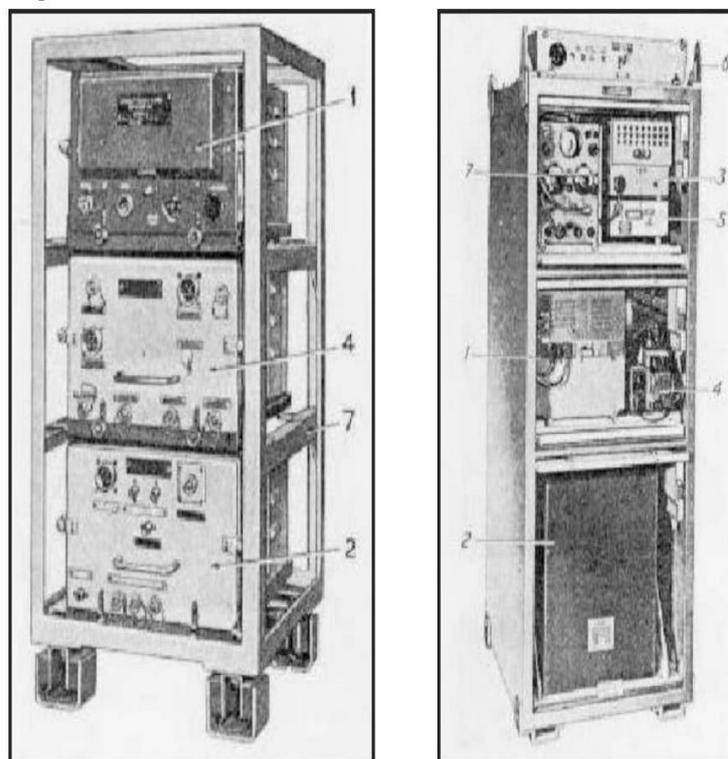


Figura 10 - Interrogador e *transponder*.

Fonte: Hessel et al, 2014

Nos anos de 1950 os primeiros usos da identificação por rádio eram limitados ao exército (Hessel *et al.*, 2014), laboratórios de pesquisa (Landt, 2005) e grandes empresas comerciais, devido ao alto custo e dimensões dos componentes (Hessel *et al.*, 2011).

No Final da década 1960 e início da década de 1970, empresas como *Sensormatic* e *Checkpoint Systems* foram fundadas (Domdouzis *et al.*, 2007), introduzindo novos usos de *RFID* nas aplicações menos complexas e mais amplamente usadas. Tais empresas começaram a desenvolver equipamentos de vigilância eletrônica de produtos (EAS) para proteger os itens de inventário, tais como vestuário em lojas de departamento e livros em bibliotecas (Hessel *et al.*, 2011).

Os primeiros sistemas de *RFID* comerciais, também conhecidos como sistemas com etiquetas de um *bit* (Hessel *et al.*, 2011), somente detectavam a ausência ou presença de uma *tag* (Landt, 2005), eram baratos para fabricar, implementar e manter. As etiquetas não precisavam de baterias e eram simplesmente afixadas aos artigos, destinadas a disparar um alarme assim que se aproximassem de um sensor (leitor), normalmente na porta de saída, que detectava a presença de etiqueta (Hessel *et al.*, 2011).

Nos anos 70 inventores, empresas, instituições acadêmicas e laboratórios governamentais trabalhavam ativamente no desenvolvimento da *RFID* (Landt, 2005; Roberts, 2006). Essa década foi caracterizada por aplicações envolvendo automação de fábricas rastreamento de veículos (Landt, 2005) e animais (Landt, 2005; Roberts, 2006).

No começo dos anos de 1980, foram desenvolvidos os sistemas de Frequência Ultra-Alta (*UHF - Ultra High Frequency*), possibilitando o uso do *RFID* para leituras em distâncias superiores a 10 metros (Hessel *et al.*, 2011). Nesta década a tecnologia *RFID* se estendeu por várias áreas, na Europa, as rodovias com pedágio foram equipadas com a tecnologia e o rastreamento de animais tornou-se muito difundido, em países como Itália, França, Espanha, Portugal e Noruega (Roberts, 2006). Em 1987, a primeira aplicação comercial utilizando *RFID* foi desenvolvida na Noruega e foi seguido pelo *Dallas North Turnpike* nos Estados Unidos em 1989 (Domdouzis *et al.*, 2007).

Durante a década de 90, houve uma adoção generalizada de pedágios eletrônicos nos EUA, onde veículos podiam passar em pontos de cobrança de pedágio de rodovias, sem cabines de pedágio (Landt, 2005; Roberts, 2006). Na Europa, também houve um interesse considerável nas aplicações *RFID*, incluindo cobranças de pedágios, controle de acesso (Landt, 2005) e aplicações ferroviárias (Roberts, 2006).

As aplicações de pedágios e ferrovias apareceram em muitos países tais como: Argentina, Austrália, Brasil, Canadá, China, Hong Kong, Japão, Malásia, México, Nova Zelândia, Coréia do Sul, África do Sul, Singapura e Tailândia (Landt, 2005; Roberts, 2006). A evolução da tecnologia continuou durante a década de 1990 com o desenvolvimento de circuitos integrados e a redução de tamanho até micro-

ondas, dessa forma etiquetas *RFID* foram reduzidas a um único circuito integrado (Roberts, 2006).

Apenas no final da década de 90, quando as etiquetas passivas (*UHF*) conseguiram oferecer a combinação de melhor alcance, maior velocidade e preços atrativos, as etiquetas passivas ultrapassaram suas limitações originais. Em virtude dessas características adicionais, os sistemas *RFID* em *UHF* tornaram-se os principais candidatos a novos usos nas aplicações em cadeias de suprimento, incluindo o rastreamento de pallets e caixas, controle de inventário, gerenciamento de armazéns e logística (Hessel *et al.*, 2011).

Desde 2002, a *HP* tem feito pesquisas sobre o uso da tecnologia *RFID* em seu processo de produção, principalmente em caixas e pallets (Rodríguez *et al.*, 2012), por volta de 2003 o Departamento de Defesa dos EUA (DOD), começou adotar a tecnologia como uma forma de rastrear seu inventário e o Walmart solicitou que seus fornecedores comesçassem, a partir 2005, a etiquetar todos os produtos fornecidos para sua cadeia de supermercados, desde então, a tecnologia tem incentivado a redução dos preços dos tags (Adoga e Valverde, 2014).

Na mesma época foi formada a organização *EPC global*, órgão internacional que gerencia atualmente os padrões de códigos eletrônicos de produto (*Electronic Product Code*), dessa forma foi estabelecido uma exigência global para a implementação dos sistemas *RFID*, além de um organismo de normalização pronto para ajudar a facilitar a implementação dessa exigência. No Brasil em 2004, *HP* iniciou um projeto para testar a etiquetagem *RFID* ao nível de item, com o objetivo de melhorias de inventário de produtos e redução dos custos internos, tornando-se um dos impulsionadores no desenvolvimento da tecnologia no país (Hessel *et al.*, 2011). No mesmo ano a Unilever iniciou um projeto no Brasil em suas unidades nas cidades de Indaiatuba e Louveira (SP), onde o objetivo foi validar os ganhos para a otimização do trabalho, a acuracidade da informação e uso de ativos, com a utilização da tecnologia *RFID*. Em janeiro de 2012 a Ceitec e *X-Fab Semiconductor Foundries* começaram a produzir chips de silício (Rodríguez *et al.*, 2012).

Um resumo do histórico do desenvolvimento do *RFID* é representado na Tabela 2:

Tabela 2 - Resumo do histórico do desenvolvimento do RFID e sua disseminação.

Período	Eventos
Antes de 1940	Desenvolvimento do <i>IFF</i> ;
1940 a 1950	Primeira utilização da tecnologia, segunda Guerra Mundial;
1950 a 1960	Utilização da tecnologia pelo exército, laboratórios de pesquisa e empresas comerciais devido ao alto custo e dimensões dos componentes.
1960 a 1970	Empresas introduziram novos usos de <i>RFID</i> nas aplicações menos complexas e mais amplamente usadas como, por exemplo, EAS para proteger os itens de inventário, tais como vestuário em lojas de departamento e livros em bibliotecas.
1970 a 1980	Primeira patente americana para um sistema RFID ativo com memória regravável e patente para um sistema passivo. Desenvolvimento de sistema para rastreamento de material radioativo e gado. Início da utilização em <i>HF</i> .
1980 a 1990	Desenvolvimento de sistemas <i>UHF</i> , a tecnologia <i>RFID</i> é disseminada pela Europa com utilização no rastreamento de animais e em pedágios. Desenvolvimento de primeiras aplicações comerciais utilizando a tecnologia.
1990 a 2000	Alguns estados americanos adotaram um sistema de gerenciamento de tráfego baseada no uso de leitores que poderia detectar etiquetas de protocolo. Utilização da tecnologia na Europa em pedágios, ferrovias e controle de acesso. Aplicações de pedágios e ferrovias apareceram outros continentes. Desenvolvimento de circuitos integrados e melhorias com <i>UHF</i> possibilitando aplicações em <i>supply chain</i> . Fundação do <i>Auto-id Center</i> .
Depois de 2000	Exigência por parte do DOD e Walmart, da adoção do <i>RFID</i> pelos seus fornecedores. Criação da EPCGlobal, redução dos custos da adoção da tecnologia. Utilização da tecnologia no Brasil em algumas empresas, por exemplo HP, Ceitec e Unilever.

2.2.2 A Tecnologia

RFID é uma tecnologia de identificação automática e captura de dados que é composta por um *transponder* (*tag*) (Musa e Dabo, 2016), que consistem de microchips baseado em silício (Adoga e Valverde, 2014), com um número de série único (*ID*) contendo informações sobre um único item, um transceptor (ou leitor) e um sistema de middleware (Musa e Dabo, 2016). Baseia-se na utilização de ondas eletrônicas como forma de comunicar dados para identificação de alguns elementos, como ativos das empresas, pessoas e serviços (Pedroso *et al.*, 2009-a).

A Figura 11 mostra uma breve explicação sobre o funcionamento dos sistemas *RFID*:

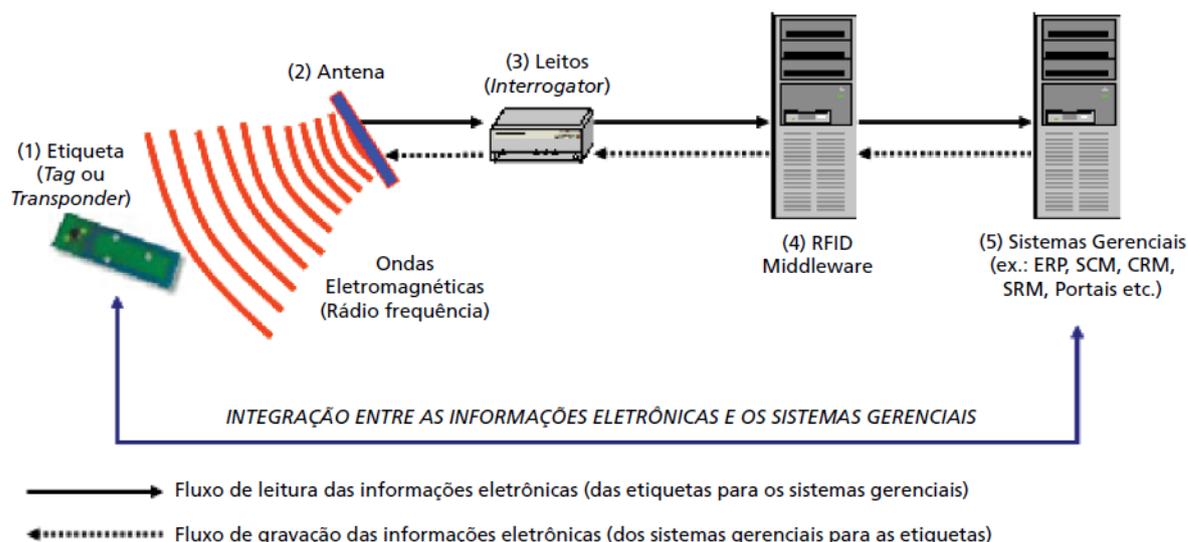


Figura 11 - Funcionamento de sistemas RFID.

Fonte: Pedroso *et al.*, (2009-b)

Uma etiqueta é anexada a itens que podem se mover ou estão posicionados ao longo da cadeia de suprimentos (Pedroso *et al.*, 2009-a). As informações sobre as *tags* são lidas por antenas e leitores (Adoga; Valverde, 2014) que são distribuídos normalmente em diferentes estágios e posições na cadeia (pontos de controle em centros de distribuição e armazéns, pontos de controle em processos de fabricação e linhas de montagem, etc).

O middleware pré-processa os dados *RFID* lidos pelo leitor para remover leituras incompletas ou múltiplas leituras para o mesmo transponder. Daí, o

middleware faz uma ponte entre hardware *RFID* e as aplicações empresariais (Musa eDabo, 2016).

As *tags* podem ser de dois tipos (Zhu et al., 2012):

- Ativa: possui uma bateria, geralmente possuem mais memória do que as passivas e são mais caras.
- Passiva: não possui uma bateria, sua fonte de energia é oriunda do sinal emitido pela antena e podem usar três tipos de frequências: *UHF*, *HF* e *LF*, um exemplo de etiqueta passiva é mostrada na Figura 12.



Figura 12 - Exemplo de tag passiva.

Fonte: Oliveira et al. (2016-b)

A inexactidão das informações é uma das principais causas do desperdício de estoques na cadeia de suprimentos, o que tem motivado muitas empresas a utilizar a *RFID* com o objetivo de diminuir tais erros e reforçar a cooperação entre os stakeholders (Cui et al., 2017).

Comparando-se os vários sistemas de identificação, pode ser observado que a tecnologia *RFID* tem vantagem sobre os demais sistemas pelo fato de independer da vontade humana para efetuar os registros entre outros benefícios, como agilidade, em que várias *tags* podem ser lidas com muita rapidez e robustez, pois são mais resistentes, comparando-se, por exemplo, com uma tecnologia que é mais comumente utilizada no mercado que é o código de barras (Schreiber et al., 2009).

A identificação por rádio frequência traz alguns benefícios com relação ao código de barras:

- Pode ler múltiplas *tags* simultaneamente enquanto o código de barras um item por vez; (Bonhuet et al., 2016)

- Não precisa de contato visual, mas as etiquetas precisam estar numa distância apropriada (Berdaliyev e James, 2016);
- As *tags* podem conter mais informações sobre os produtos do que o código de barras (Jones *et al.*, 2004);
- Pode identificar um item de forma única enquanto ~~o que~~ o código de barras somente o tipo do item;
- *RFID* suporta as operações de leitura e escrita, enquanto o código de barras somente a leitura.
- As etiquetas *RFID* são menos afetadas por condições ambientais desfavoráveis, ou seja, dependendo do ambiente que está exposto a impressão do código de barras pode ser distorcida ou danificada (Berdaliyev e James, 2016)

Com relação às operações de estoques (recebimento de ordens, recebimento, armazenagem, expedição e descarte de materiais), a *RFID* pode trazer os seguintes benefícios (Lim *et al.*, 2013):

- Rastreamento dos produtos;
- Gerenciamento de ativos e recursos;
- Redução de trabalho, manuseio de materiais e custos;
- Maior acuracidade nos dados;
- Melhor utilização do espaço e atendimento ao cliente;
- Melhor compartilhamento de informação entre parceiros na cadeia de suprimentos;
- Gerenciamento de exceções mais rápido;
- Continuidade da produção;
- Redução nos estoques;
- Melhor gerenciamento da data de validade;
- Melhor determinação dos tempos de chegada e expedição;
- Serviço de pós venda (logística reversa e *recall*);
- Controle da qualidade;

Entre as maiores dificuldades para a implantação de sistemas *RFID* destaca-se o alto custo para a implantação desses sistemas (Moretti e Anholon, 2016).

Existe uma série de obstáculos para implantação do *RFID* em estoques (Lim, 2013):

- Incerteza sobre o *ROI* (*Return over Investment*/ Retorno sobre Investimento);
- Integração com sistemas legados (identifica sistemas herdados de uma organização que, apesar de antigos, fornecem serviços essenciais e resultaria custoso atualizá-los);
- Falha no desempenho da *RFID*;
- Preocupações com segurança e privacidade;
- Desenvolvimento de padrões

A utilização da *RFID* na cadeia de suprimentos tem crescido (Zhu *et al.*, 2012), apesar disso, esta tecnologia ainda é pouco explorada no Brasil (Haddad *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2016a)

CAPÍTULO 4 - O SISTEMA DESENVOLVIDO E SUAS TECNOLOGIAS

4.1. Tecnologias

Com mais de 10 milhões de repositórios git¹, o GitHub² está se tornando uma das mais importantes fontes de arquivos de software na Internet (Kalliamvakou et al. 2014). Como mostrado por (Madnight, 2018), na Figura 13, as principais linguagens que receberam incentivos para desenvolvimento, por suas facilidades, e aplicação são representadas cronologicamente por curvas de

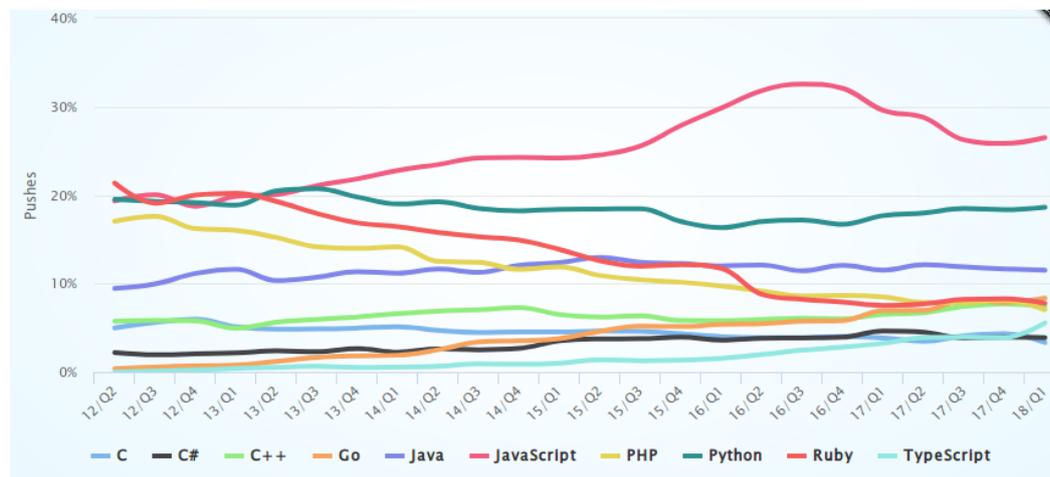


Figura 13 - Principais linguagens com relação aPush

Fonte: Madnight, 2018

A Figura13 representa no eixo das abcissas uma linha do tempo, iniciando no segundo trimestre, um quarto de ano, (Q2) do 2012 até o primeiro quarto de ano, primeiro trimestre (Q1) do 2018. No eixo das ordenadas é apresentado o número percentual de *pushes*³.

Dessa forma, na Figura13 podem ser observadas as linguagens que se destacam:

- *JavaScript* –22.947%;

¹Sistema de controle de versões distribuído, usado principalmente no desenvolvimento de software, que pode registrar o histórico de edições de qualquer arquivo, além de permitir que dois ou mais usuários possam editar um arquivo ao mesmo tempo.

²Serviço web que oferece diversas funcionalidades extras aplicadas ao *Git*.

³ Envio de um arquivo do repositório de dados local para o repositório remoto.

- *Python* – 16.127%;
- *Java* – 9.960%;
- *Go* – 7.236%;
- *Ruby* – 6.732%.

Além disso, JavaScript e Python mantiveram-se entre as 3 primeiras desde 2012, diferentemente do Ruby, que obteve uma forte queda desde o segundo quarto de 2013.

Dessa forma, para o desenvolvimento do sistema proposto na pesquisa, foram escolhidas a plataforma NodeJS (para JavaScript) e a linguagem Python, discutidas a seguir.

4.2. NodeJS

NodeJS, também chamado de *Node*, é uma plataforma *open source* construída sobre o motor *JavaScript* do *Google* (NodeJS, 2018), conhecido como V8. O V8 e *NodeJS* são implementados principalmente em C e C ++, com foco em desempenho e baixo consumo de memória (TilkoveVinoski, 2010), executada do lado do servidor (W3schools, 2018).

Com o NodeJS é possível construir aplicações de rede rápidas e escaláveis⁴, utilizando um modelo de I/O direcionada a evento não bloqueante que o torna leve e eficiente, ideal para aplicações em tempo real com troca intensa de dados através de dispositivos distribuídos (NodeJS, 2018).

A linguagem nativa para esta plataforma é o *JavaScript*, que apesar de jovem, ganhou apoio da indústria e atraiu uma grande comunidade de desenvolvedores, que geralmente tem um foco na escalabilidade (OjamaaeDüüna, 2012).

Ao contrário de outras linguagens de programação, um processo não depende de *multithreading* para suportar a execução simultânea da lógica de negócios, baseia-se em um modelo de evento assíncrono de I/O (Entrada/ saída) (Tilkov&Vinoski, 2010), obtendo maior desempenho.

⁴ Capacidade com que um sistema pode ser expandido usando todos os seus recursos para acomodar as demandas, sejam altas ou baixas

Um exemplo de aplicação da tecnologia *RFID* com *Node*, aplicado à gestão de geração de eletricidade pode ser encontrado em Chieochanet al (2017).

4.3. Python

Python é uma linguagem de programação interpretada, onde o usuário pode desenvolver seu algoritmo simplesmente utilizando um *prompt* de comando, não necessitando de um editor como a maioria das linguagens, além de ser orientada a objetos, fornece estruturas de dados de alto nível, tais como listas e dicionários, tipagem dinâmica e módulos (Sanner, 1999), entre outros.

A linguagem é desenvolvida sob uma licença de código aberto aprovada pela *OSI (sistema aberto de interconexão)*, tornando-o livremente utilizável e distribuível, mesmo para uso comercial (*Python*, 2018). Foi projetada em 1990 por *Guido Van Rossum*, podendo ser executada em praticamente qualquer computador moderno, onde um programa em *Python* é compilado automaticamente pelo interpretador (Sanner, 1999). Exemplos de aplicações usando *Python* e *RFID* são mostradas a seguir na Tabela 3:

Tabela 3 - Exemplos de aplicações usando Python e RFID.

Referência	Aplicação
Noorshamset al, 2017	Pesagem automática de camundongos em sistemas de treinamento.
Nadziret al. 2017	Desenvolvimento de um sistema de monitoramento interno baseado na RFID (passiva) e Raspberry Pi.
Bolañoset al, 2017	Pesagem automática de camundongos em sistemas de treinamento.
Xuet al. 2016	Sistema de posicionamento interno utilizando a tecnologia RFID com base na intensidade do sinal recebido
Carlin&Curran, 2014	Sistema capaz de rastrear uma pessoa ou objeto através de um ambiente interno, convertendo os sinais

	recebidos da tag para uma posição virtual no mapa do sistema web, que correlaciona a posição física real da etiqueta.
--	---

4.4. MongoDB

MongoDB é um banco de dados *open source NoSQL*⁵, que armazena *collections* (coleções) de documentos (*MongoDB*, 2018; *BSON*, 2018), se trata de uma extensão do JSON (*JSON*, 2018). Exemplo de documento *BSON* e *Collection* é mostrado nas Figura 14 e 15:

```
{
  name: "sue",
  age: 26,
  status: "A",
  groups: [ "news", "sports" ]
}
```

Figura 14 – Exemplo de um documento BSON

Fonte: (MongoDB, 2017)

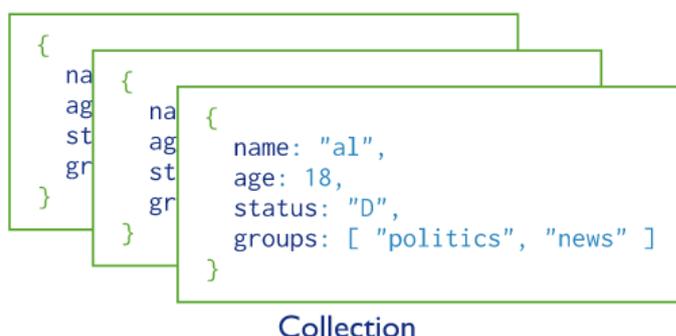


Figura 15 - Exemplo de Collection

Fonte: (MongoDB, 2017)

⁵ “*NotOnly SQL*” ou “*Não Somente SQL*”. É um termo genérico para uma classe definida de banco de dados que fornecem um mecanismo para armazenamento e recuperação de dados que são modelados de formas diferentes das relações tabulares usadas nos bancos de dados relacionais

Os bancos de dados *SQL* (*Structured Query Language* / Linguagem de Consulta Estruturada) e *NoSQL* (*NotOnly SQL* / Não Somente *SQL*), possuem algumas diferenças significantes (Van der Veen et al, 2012):

- **Bancos SQL:** utilizam tabelas para armazenamento dos dados, possuem uma linguagem para realização de consultas, capaz de selecionar dados dispersos em várias tabelas, além de serem melhores verticalmente escaláveis (ex: atualizando um servidor) e pior horizontalmente (adicionando um servidor a um *cluster*);
- **Bancos NoSQL:** geralmente armazenam valores chave, onde os dados são identificados por chaves. O armazenamento não é realizado em uma estrutura fixa tal como tabelas, além de não possuir uma linguagem de consulta tão poderosa. Por outro lado é melhor horizontalmente escalável, fazendo com que seja adicionada uma melhor capacidade quando necessário.

A *IoT* é caracterizada pela geração contínua de grande volume de dados em formato desestruturado. Os bancos de dados relacionais são inadequados para lidar com esse tipo de dados devido à velocidade de processamento limitado e ao significativo custo da expansão de armazenamento (Yong-Shin et al., 2016).

Existem muitas limitações no processamento de grandes volumes de dados desestruturados, gerados por tais tecnologias, quando são tratados com a utilização de bancos de dados relacionais (Van der Veen, et al, 2012; Yong-Shin et al. 2016).

Devido a essa característica de grande volume de dados desestruturados, gerados por projetos *IoT*, que o *MongoDB* foi escolhido para armazenagem dos dados gerados pelo sistema. Um exemplo de aplicação *RFID* com *MongoDB*, pode ser encontrado em Kang et al. (2016), onde é proposto um repositório de dados *RFID* e *IoT*.

4.5. Rifidi

Apesar de a RFID ter ganhado grande interesse de pesquisadores e empresas, sua aplicação demanda investimentos significativo com relação ao hardware (Palazziet al, 2009). É possível contornar esse problema com a utilização do *Rifidi* que é uma plataforma *open source* que emula sistemas *RFID* e pode ser usada como base para o teste de aplicações *RFID* (Huebner et al, 2012; Transcends, 2017).

A plataforma *Rifidi* permite a criação de um ambiente virtual baseado na tecnologia *RFID*, assegurando que o software criado para esse fim funcionará como também no mundo real. O *Rifidi* emula a interface leitor/cliente de um leitor de *RFID*, ou seja, a comunicação do leitor *Rifidi* é realizada da mesma forma com um leitor real (Palazzi et al, 2009).

4.7. A Arquitetura proposta

A seguir. Na Figura 16 é mostrada a arquitetura do sistema desenvolvido:

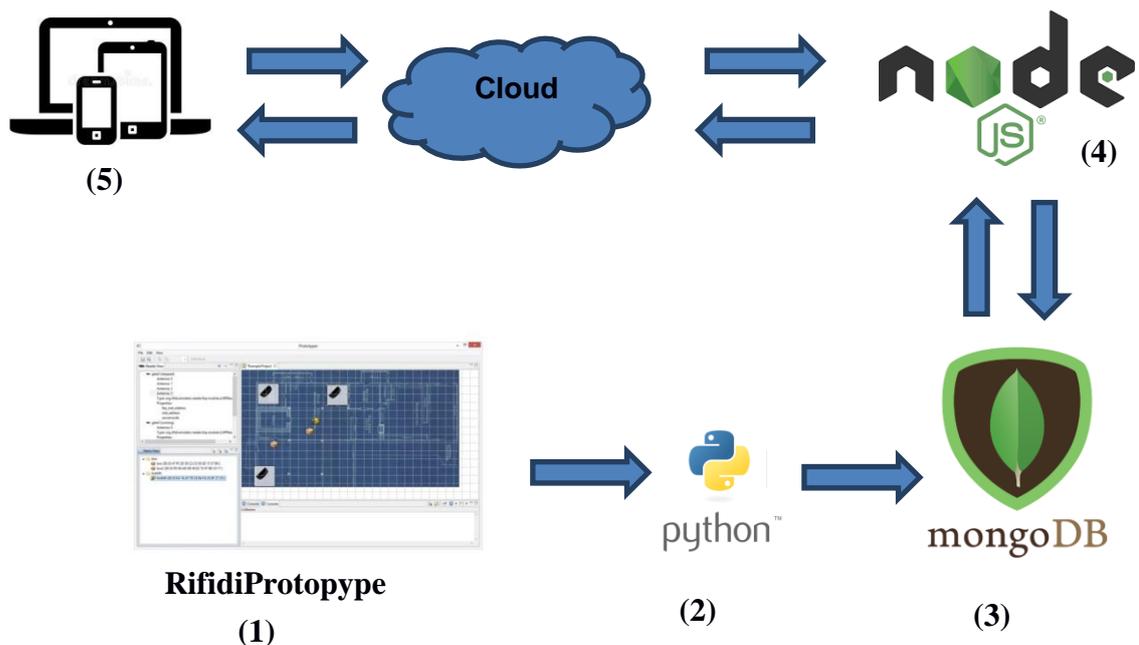


Figura 16 – Arquitetura do sistema

Primeiramente foi desenvolvida uma interface em *Python* (2), que lê os dados simulados (*Rifidi*)(1) de equipamentos *RFID*. Posteriormente à leitura dos dados, os mesmos são armazenados em um banco *MongoDB* (3). Um sistema web foi desenvolvido em um servidor *NodeJS* (4), que pode ser acessado através de qualquer dispositivo móvel (5), pois o design das telas deve ser responsivo.

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS

Para o desenvolvimento/gestão do código fonte do sistema web foram utilizados:

- **Ubuntu (versão: 16.4.5):** Sistema Operacional Linux;
- **Sublime:** Editor de textos;
- **Express (versão: 4.15.14):** um framework *NodeJS* para aplicações web e agilizar o desenvolvimento, deixando o código mais simples;
- **EJS (versão: 2.5.7):** uma linguagem de modelagem para criação de páginas HTML, usando *JavaScript*, permitindo a utilização de *views*;
- **NodeJs (versão: 4.2.6):** é uma plataforma para desenvolvimento de aplicações server-side baseadas em rede utilizando JavaScript e o V8 JavaScriptEngine;
- **NodeMoon (versão: 1.12.0):** Um utilitário que reinicia automaticamente o servidor *NodeJs* quando houver qualquer alteração nos *scripts*;
- **npm (versão: 3.5.2):** Gerenciador de pacotes *JavaScript* ;
- **Git-Lab:** Gerenciador de repositório de *software*, similar ao GitHub e baseado em software livre. Permite que os desenvolvedores armazenem o código em seus próprios servidores, ao invés de servidores de terceiros;
- **Bootstrap:** *Framework web* com código-fonte aberto para desenvolvimento de componentes de interface e front-end para sites e aplicações web usando HTML, CSS e JavaScript;

Para simulação das antenas num armazém e desenvolvimento do código foram utilizados:

- **Virtual Box:** Software de virtualização da Oracle que, visa criar ambientes para instalação de sistemas distintos. Permite a instalação e utilização de um sistema operacional dentro de outro, assim como seus respectivos softwares,

como dois ou mais computadores independentes, mas compartilhando fisicamente o mesmo hardware;

- **Idle:** Ambiente de desenvolvimento integrado para Python;
- **RIFIDI- prototype;**

A persistência dos dados simulados no MongoDB, foram realizados através de um código desenvolvido na linguagem Python

5.2 Código Fonte

O código construído para o ambiente web foi desenvolvido baseado no padrão MVC(ModelViewControler) um software para executar interfaces do usuário. Na [Figura 17](#) é mostrada a estrutura de diretórios do projeto:

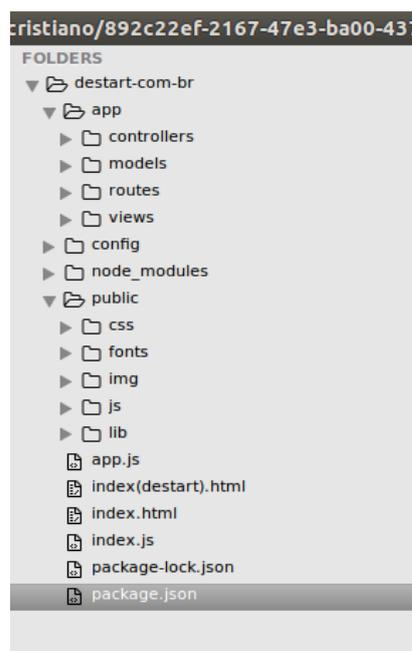


Figura 17 Estrutura de pastas do projeto web.

Fonte: O autor

O significado de cada diretório é explicado a seguir:

- **App:** local onde fica armazenada o código referente à aplicação, obedecendo o design pattern MVC :

- **Config:** diretório onde estão armazenadas informação de configuração do sistema, como por exemplo acesso ao banco de dados;
- **node_modules:** armazenamento dos módulos do NodeJS;
- **public:** diretório onde estão armazenados os arquivos públicos acessados pelo Front-End, tais como: CSS e JavaScript.

A Figura 18 mostra o projeto no repositório *GitLab*, que foi utilizado para o controle das diferentes versões do projeto:

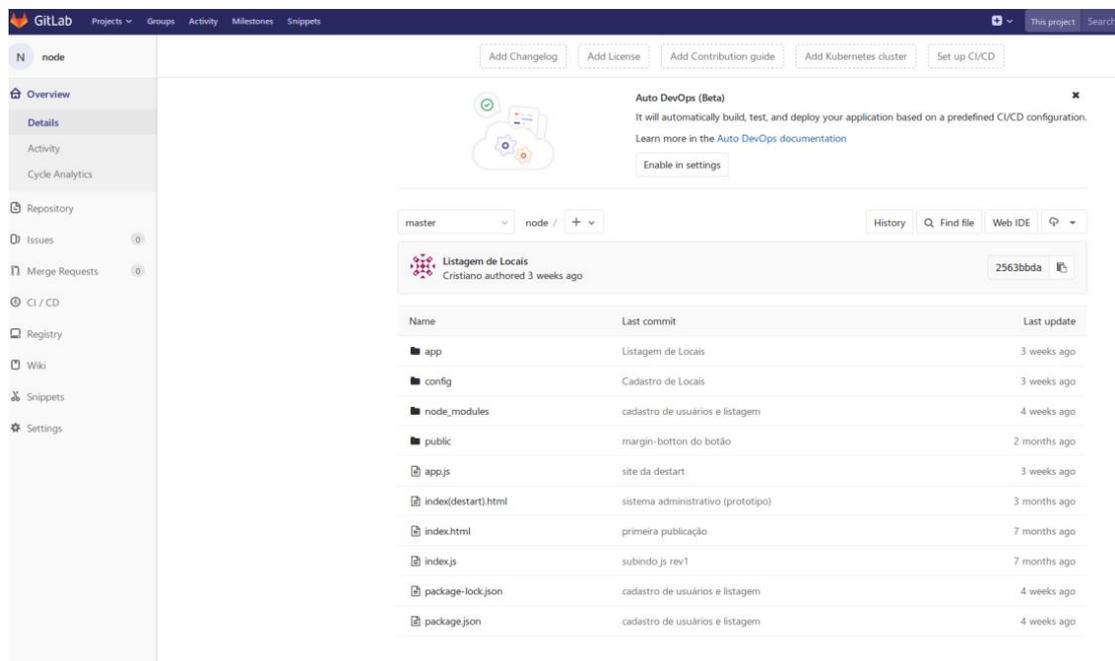


Figura 18 - Projeto no GitLab Fonte: O autor

Com o GitLab, foi possível a utilização de um sistema de controle de versões de forma privada e gratuita, alcançando uma maior redução de custos no projeto desenvolvido.

O ponto de partida do sistema é o arquivo “app.js”, pelo qual é feita a inicialização do sistema, como demonstrado pela Figura19, onde é executado o comando “nodemon” pelo terminal do *Ubuntu*, sistema de softwares livres para navegar na web e editar conteúdos(textos, planilhas, etc):

```
cristiano@cristiano-pc: /media/cristiano/892c22ef-2167-47e3-ba00-437ea3761bb1/sites/destart/destart-com-br$ nodemon app
[nodemon] 1.12.0
[nodemon] to restart at any time, enter `rs`
[nodemon] watching: *.*
[nodemon] starting `node app`
consign v0.1.6 Initialized in /media/cristiano/892c22ef-2167-47e3-ba00-437ea3761bb1/sites/destart/destart-com-br
+ ./app/routes/academico/cadastroUsuarios.js
+ ./app/routes/academico/home.js
+ ./app/routes/academico/login.js
+ ./app/routes/academico/sobre.js
+ ./app/routes/Lattes/home.js
+ ./app/routes/rfid/administrativo.js
+ ./app/routes/rfid/cadCategorias.js
+ ./app/routes/rfid/cadLettores.js
+ ./app/routes/rfid/cadLocats.js
+ ./app/routes/rfid/cadProdutos.js
+ ./app/routes/rfid/cadUsuarios.js
+ ./app/routes/rfid/cadastroUsuarios.js
+ ./app/routes/rfid/dashboard.js
+ ./app/routes/rfid/entradaProdutos.js
+ ./app/routes/rfid/home.js
```

Figura 19 - Sistema sendo executado via terminal no Ubuntu Fonte: O autor

5.3 Simulação com o Rifi

Como explicado anteriormente, para simulação dos dispositivos *RFID* num ambiente de armazenagem, foi utilizado o sistema *RFIDI-prototype*, como pode ser observado na Figura 20:

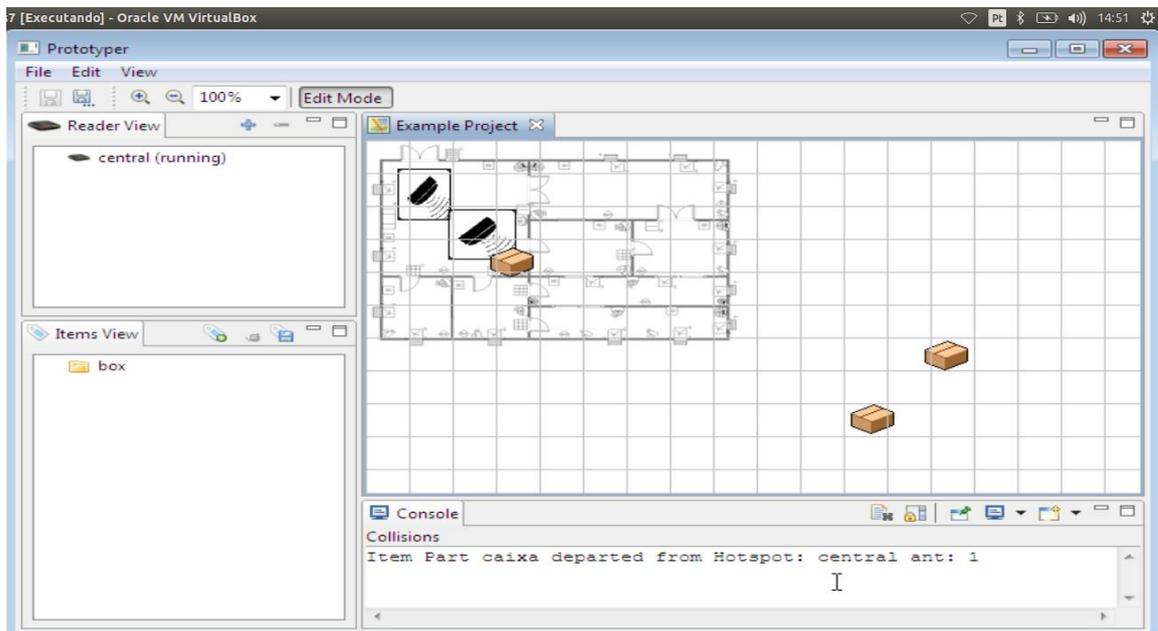


Figura 20 - Sistema sendo executado via terminal no Ubuntu Fonte: O autor

Para execução desse sistema, foi necessário a simulação de outro sistema operacional (Windows 7), visto que o *RFIDI-prototype* só pode ser executado através do Java na versão "1.6.0.29", como demonstrado na Fig 21:

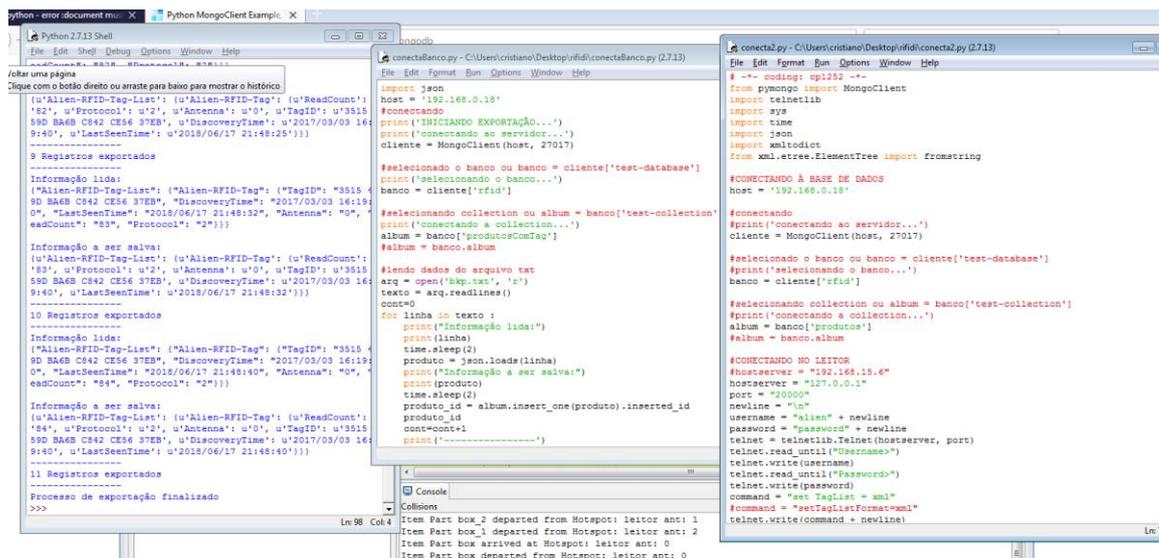
```
Copyright (c) 2007 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\cristiano>java -version
java version "1.6.0_29"
Java(TM) SE Runtime Environment (build 1.6.0_29-b11)
Java HotSpot(TM) Client VM (build 20.4-b02, mixed mode, sharing)

C:\Users\cristiano>
```

Figura 21 - Versão do Java.

A conexão com o ambiente em simulação, como também o envio dos respectivos dados, foram realizados através da linguagem *Python*, usando o *IDLE* (ambiente para desenvolvimento em *Python*), como demonstrado na Figura 22:



```
connectaBanco.py - C:\Users\cristiano\Desktop\rifidi\connectaBanco.py (2.7.13)
import json
host = '192.168.0.18'
#conectando
print('INICIANDO EXPORTAÇÃO...')
print('conectando ao servidor...')
cliente = MongoClient(host, 27017)

#selecionando o banco ou banco = cliente['test-database']
banco = cliente['rfidi']

#selecionando collection ou album = banco['test-collection']
album = banco['produtosComTag']

#lendo dados do arquivo txt
arg = open('bkp.txt', 'r')
texto = arg.readlines()
cont=0
for linha in texto :
    print('Informação lida:')
    time.sleep(2)
    produto = json.loads(linha)
    print('Informação a ser salva:')
    print(produto)
    time.sleep(2)
    produto_id = album.insert_one(produto).inserted_id
    cont=cont+1
    print('-----')

connecta2.py - C:\Users\cristiano\Desktop\rifidi\connecta2.py (2.7.13)
# -*- coding: utf-8 -*-
from pymongo import MongoClient
import sys
import time
import json
import xmltodict
from xml.etree.ElementTree import fromstring

#CONECTANDO A BASE DE DADOS
host = '192.168.0.18'

#conectando
print('conectando ao servidor...')
cliente = MongoClient(host, 27017)

#selecionando o banco ou banco = cliente['test-database']
print('selecionando o banco...')
banco = cliente['rfidi']

#selecionando collection ou album = banco['test-collection']
print('conectando a collection...')
album = banco['produtos']

#CONECTANDO NO LEITOR
hostserver = '192.168.15.6'
port = '20000'
newline = '\n'
username = 'alien' + newline
password = 'password' + newline
telnet = telnetlib.Telnet(hostserver, port)
telnet.read_until('#password:')
telnet.write(username)
telnet.read_until('#password:')
telnet.write(password)
command = 'set TagList = xml'
telnet.write(command + newline)
```

Figura 22 – Código, em Python, para execução decoleta dos dados em Python.

Fonte: O autor

O código fonte em Python pode ser acessado em:

github.com/cristianomoliveira/rifidi-python

Um exemplo dos dados resultantes da simulação pode ser observado na Figura 23:

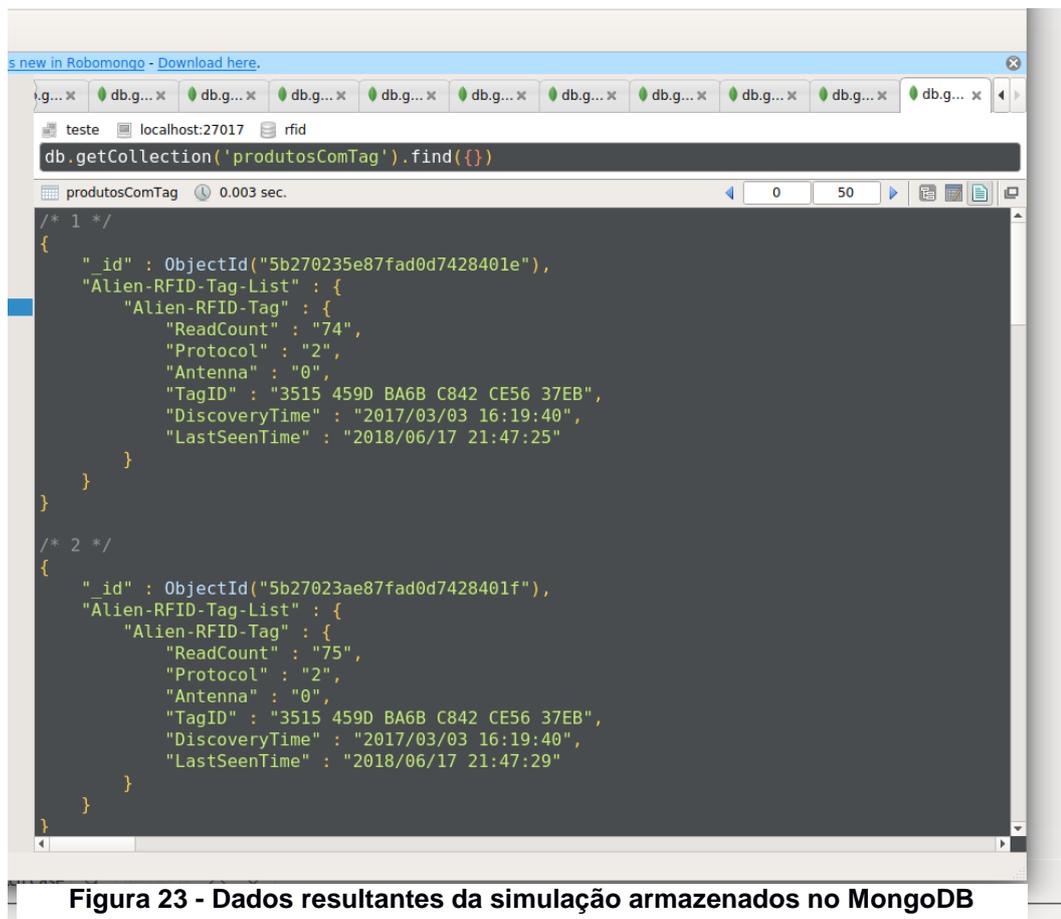


Figura 23 - Dados resultantes da simulação armazenados no MongoDB

5.4 Análise de Custos

A seguir na Tabela 4, é realizada a comparação dos custos do projeto, onde foram utilizadas ferramentas *open source*, com outras plataformas, alguns dos valores são disponíveis em dólar, portanto dependem da cotação da moeda, a conversão foi realizada no 15/07/2018 com cotação do dólar em R\$ 3,8497.

Tabela 4 - Comparação de custos de Ferramentas.

	Open Source		Software Proprietário		
	Ferramenta	Valor	Ferramenta	Valor (hospedagem)	Licença
Editor	Sublime	R\$ 0	Visual Studio	R\$ 0	R\$ 0
Banco de Dados	MongoDB	R\$ 0	SQL Server	R\$ 103	R\$0
Servidor web	NodeJs	R\$ 0	Windows Server 2016 Essenciais	R\$ 118	R\$ 1.300
Computador na nuvem	-	R\$ 19,25	-	-	-
Total		R\$19,25		R\$ 221	R\$1.300

Tabela 5- Comparação de custos de mão de obra

	Open Source		Software Proprietário	
	Mão de Obra	Valor	Mão de Obra	Valor
	Desenvolvedor (NodeJS)		R\$ 5.975	Desenvolvedor (Net)
Total		R\$ 5.975		R\$ 5.700

Os dados das Tabelas 4 e 5, são resultados alcançados a partir de consultas realizadas na internet, no dia 15/07/2018, pode ser observado que o valor de hospedagem na nuvem uma redução de custos na ordem de 94%.

A mão de obra não obteve a variação em torno de 5% na data da pesquisa, podendo apresentar maiores mudanças de valores dependendo da região do país e

da demanda. A mão de obra relacionada com a linguagem *Python* não foi calculada devido ao código desenvolvido para o projeto ser pequeno e o mesmo foi disponibilizado.

Com relação ao licenciamento de software devem ser feitas algumas observações, no caso do *Visual Studio* e *Sql Server*, podem ser utilizadas as versões gratuitas como mostrado anteriormente, mas caso sejam adquiridas, as licenças podem ter o valor em torno de:

- **SQL Standart** – servidor + CAL (licença de acesso ao cliente) - \$931 (R\$ 3.854,35);
- **Windows Server 2016 Essentials** (25 usuários e 50 dispositivos) - \$501 (R\$ 1.928,85);
- **Visual Studio Professional** – R\$ 3.460 (primeiro ano);

Esses valores de licenciamento atendem somente uma aplicação básica para pequenas empresas, mas como o projeto é relacionado a IoT, como abordado anteriormente, o volume de dados seria enorme devido à grande quantidade de dispositivos conectados.

Isso pode ser contornado se o projeto for hospedado num servidor na nuvem, no caso deste projeto foi utilizado um servidor com sistema operacional Ubuntu no valor de \$5 (19, 25).

Caso haja a necessidade de aumentar os recursos de servidor, a relação de valores é mostrada na Tabela 6.

Tabela 6 - Comparação de custos de mão de obra

Memória	CPUs	Disco	Valor
2 GB	1	50 GB	\$5 (R\$ 19,25)
2 GB	2	60 GB	\$10 (R\$ 38,50)
4 GB	2	80 GB	\$20 (R\$ 76,99)
8 GB	4	160 GB	\$40 (R\$ 153,99)
16 GB	6	320 GB	\$80 (R\$ 307,98)
32 GB	8	640 GB	\$160 (R\$ 615,95)
64 GB	16	1.288 GB	\$320 (R\$ 1.231,90)
128 GB	24	2.560 GB	\$640 (R\$ 2.463,81)
192 GB	32	3.840 GB	\$960 (R\$ 3.695,71)

Dessa forma, foi desenvolvido um gráfico financeiro para um projeto com duração de 6 meses para o desenvolvimento do sistema, comparando uma arquitetura *Open Source* e com *Software Proprietário*:

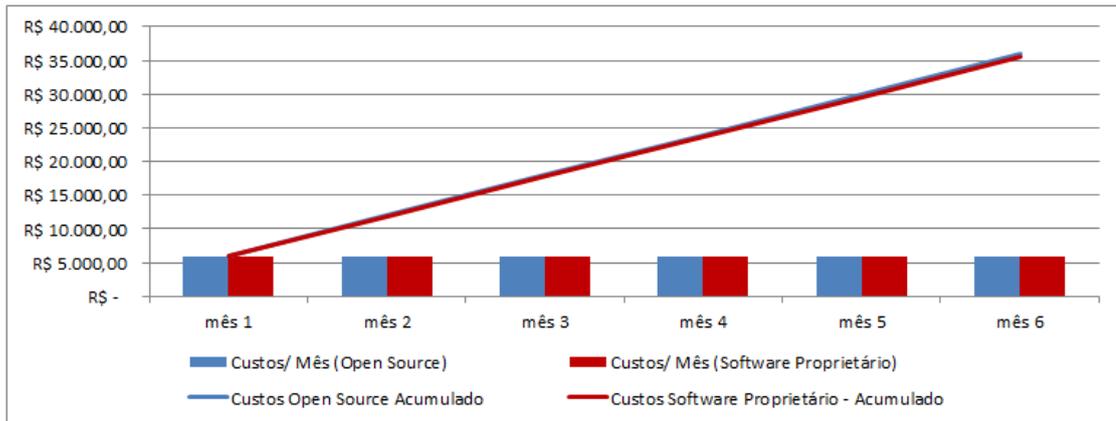


Figura 24 - Gráfico de custos somente com mão de obra e hospedagem.

Fonte: O autor

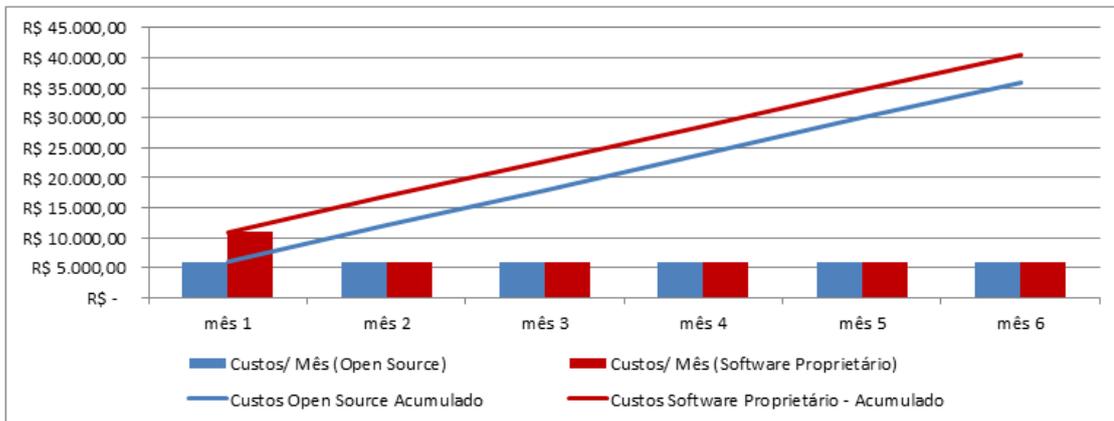


Figura 25 - Gráfico de custos com mão de obra, hospedagem e aquisição de equipamento RFID.

. Fonte: O autor

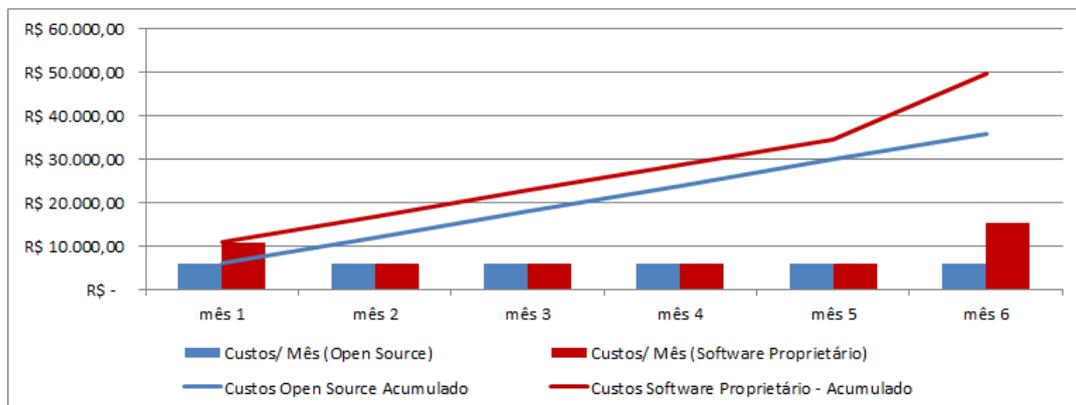


Figura 26 - Gráfico de custos com mão de obra, hospedagem, aquisição de equipamento RFID e licenças.

. Fonte: O autor

Como pode ser observado na Figura 24, comparando somente os custos com mão de obra de obra e hospedagem a diferença de valores é insignificante (aumento de 0,1%), sendo o nesse caso o custo projeto Open Source maior em relação ao projeto de Software Proprietário, lembrando que essa variação pode mudar para mais ou para menos dependendo da demanda do mercado e da região do país.

Analisando a Figura 25, existe um aumento dos custos no início do projeto de Software Proprietário, devido ao custo de aquisição de equipamentos RFID (R\$ 5.000) no início do projeto, nesse caso o Projeto de Software Proprietário ultrapassaria o outro projeto em 11,53%, lembrando que dependendo dos equipamentos a serem adquiridos essa variação pode ser maior ou menor.

O último caso a ser analisado é a Figura 26, onde foram adicionados custos relativos a licença de software, ou seja, aquisição das licenças:

- **SQL Standart;**
- **Windows Server;**
- **Visual Studio Professional;**

Sendo assim, o custo do Projeto de *Software* Proprietário ultrapassaria o outro em aproximadamente 27,9 %. Lembrando que a licenças desses servidores foram as mais econômicas encontradas como por exemplo *Windows Server* que é voltada para pequenas empresas, ou seja, apenas 50 dispositivos.

O *MongoDB*, realmente mostrou-se eficiente com relação ao armazenamento de dados de projetos IoT. O ponto negativo relacionado à utilização dessa base de dados, seria a maior complexidade, e dificuldade na manutenção do código, quando existem mais relacionamentos entre os objetos.

Devido a essa dificuldade, num ambiente de desenvolvimento em equipe é sugerido que camada de código que consiste na validação dos dados antes de sua persistência, seja realizada por um desenvolvedor experiente.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

A tecnologia *RFID* é difundida ao redor do mundo especialmente em países desenvolvidos com aplicações em diversas áreas como indústria, pecuária e saúde em toda a cadeia de suprimentos, no rastreamento de ativos, pessoas e animais. Nos últimos anos a tecnologia tem recebido novas aplicações no Brasil, mas ainda são poucas em relação aos países citados. Apesar de ser difundidas as melhorias que a tecnologia traz para as organizações, a grande barreira para o desenvolvimento desse tipo de sistema no país é o seu alto custo de implantação, por causa dos equipamentos envolvidos.

O sistema proposto foi desenvolvido através de tecnologias *open source*, que tem sido utilizadas atualmente por grandes corporações ao redor do mundo, tais como: *NodeJS*, *Python*, *Bootstrap* *MongoDB*. Essas tecnologias demonstraram ser eficazes com relação à rápida prototipação de um sistema escalável e robusto para a utilização da tecnologia *RFID*, apesar do tempo considerável levado para aprendizado das mesmas.

Além da redução de custos obtida através de tecnologias *open source*, outra redução foi obtida através da utilização do sistema *Rifidi-Prototype*, visto que não foi mais necessário a obtenção de equipamentos *RFID*, tais como antenas, o que poderia impossibilitar a realização desse projeto, no total foi obtida uma redução de 27% dos custos do projeto.

A base de dados demonstrou-se eficiente com relação ao armazenamento do grande volume de dados gerados pelas antenas, o que é comum quando se trata de projetos relacionados a IoT.

O ponto negativo relacionado à utilização do *MongoDB*, seria a maior complexidade, e dificuldade na manutenção do código, quando existem mais relacionamentos entre os objetos. Uma solução para tal problema seria a utilização de uma biblioteca específica para redução dessa complexidade, ou a utilização de uma solução híbrida, ou seja, os objetos relacionados aos dados de sensores poderiam ser persistidos no *MongoDB*, enquanto que os outros objetos em outro tipo de base de dados como os Relacionais.

Outro ponto a ser ressaltado na pesquisa foi a dificuldade para o desenvolvimento da revisão bibliográfica para o trabalho, devido a grande quantidade de artigos relacionados ao termo *RFID*, visto que a tecnologia foi desenvolvida em torno da Segunda Guerra Mundial.

A análise dos dados, que foram coletados em pesquisas na Base *Scopus*, foi utilizado o *R* juntamente com a biblioteca *Bibliometrix*, além do *Gephi*.

Além da possibilidade do acesso do sistema tanto em dispositivos móveis como celulares, foi percebida a necessidade do acesso ao sistema através de dispositivos desktop, pois muitas vezes o colaborador necessita utilizar luvas, para tanto, foi utilizado um *RaspberryPi 3*, no qual foi instalado o *Linux*, conectado a um teclado, mouse e monitor, dessa forma foi mantida a redução de custos do sistema.

Finalmente, ainda como trabalhos futuros o desenvolvimento de outros sistemas baseados na mesma arquitetura, voltados para a área de *smartcities* com a persistência dos dados no *blockchain*.

REFERÊNCIAS

- Adoga, I.; Valverde, R. (2014) *An RFID based supply chain inventory management solution for the petroleum development industry: A case study for SHELL Nigeria. Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, v. 62, n. 1, p. 199–203.
- Akyildiz, I. F., Jornet, J. M. (2010). *The internet of nano-things*. IEEE Wireless Communications, v. 17, n. 6.
- Asadi, S. (2011). *Logistics system: Information and communication technology. Logistics Operations and Management: Concepts and Models*, p. 221–245.
- Aydos, T. F., Ferreira, J. C. (2016). *RFID-based system for Lean Manufacturing in the context of Internet of Things. In Automation Science and Engineering (CASE), 2016 IEEE International Conference (pp. 1140-1145)*. IEEE.
- Balasubramaniam, S., Kangasharju, J. (2013). *Realizing the internet of nano things: challenges, solutions, and applications*. Computer, v. 46, n. 2, p. 62-68.
- Ballou, R. H. (1993). *Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física*. 1. ed. [s.l.] Atlas.
- Ballou, R. H. (2006). *Gerenciamento da cadeia de suprimentos / logística empresarial*. 5a ed. São Paulo: Bookman.
- Berdaliyev, Y., James, A. P. (2016). *RFID-Cloud smart cart system. International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI) 2016. International conference on advances in computing, communications and informatics, ICACCI 2016. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*
- Bolaños, F., Ledue, M., Murphy, H. (2017). *Cost effective raspberry pi-based radio frequency identification tagging of mice suitable for automated in vivo imaging. Journal of neuroscience methods*, v. 276, p. 79-83.
- Bonthu, B., Kar, A., Hilda, J. J. (2016) *Optimized warning and protection system for vehicle using RFID-based networks. Indian Journal of Science and Technology*, v. 9, n. 28.
- Bottani, E., Rizzi, A. (2008). *Economical assessment of the impact of RFID technology and EPC system on the fast-moving consumer goods supply chain. International Journal of Production Economics*, v. 112, n. 2, p. 548–569.
- BSON (2017). Disponível em: <http://bsonspec.org>. Acesso em: 15 dez. 2017.
- Carlin, S., Curran, K. (2014). *An active low cost mesh networking indoor tracking system. International Journal of Ambient Computing and Intelligence*, v. 6, n.1, p. 45–79.

- Chieochan, O., Saokaew, A., Boonchieng, E. (2017). *An integrated system of applying the use of Internet of Things, RFID and cloud computing: A case study of logistic management of Electricity Generation Authority of Thailand (EGAT) Mae Mao Lignite Coal Mining, Lampang, Thailand*. In: Knowledge and Smart Technology (KST), 2017 9th International Conference on. IEEE. p. 156-161.
- Christidis, K., Devetsikiotis, M. (2016). *Blockchains and smart contracts for the internet of things*. IEEE Access, 4, 2292-2303..
- Costa, C., Antonucci, F., Pallottino, F., Aguzzi, J., Sarriá, D.; Menesatti, P. (2013). *A Review on Agri-food Supply Chain Traceability by Means of RFID Technology*. *Food and Bioprocess Technology*, v. 6, n. 2, p. 353–366.
- Cui, L., Deng, J., Liu, F., Zhang, Y., Xu, M. (2017). Investigation of RFID investment in a single retailer two-supplier supply chain with random demand to decrease inventory inaccuracy. *Journal of cleaner production*, 142, 2028-2044.
- Da Xu, L., He, W., Li, S. (2014). Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transaction on industrial informatics*, 10(4), 2233-2243.
- De Vicente, D. T., Garcia, M. J. M., DI, S. G., SANTO, E., DIAS, M. (2010). AVL System Integration with RFID for the optimization of Cargo Transportation. *WSEAS Transactions on Systems and Control*, 5(6), 383-392.
- Dittmer, K. (2004). Blue Force Tracking: a subset of combat identification. *Military Review*, 84(5), 38.
- Domdouzis, K., Kumar, B., Anumba, C. (2007). Radio-Frequency Identification (RFID) applications: A brief introduction. *Advanced Engineering Informatics*, 21(4), 350-355.
- Evans, D. (2011). The internet of things: How the next evolution of the internet is changing everything. *CISCO white paper*, 1(2011), 1-11.
- Fleury, P. F., Wanke, P., Figueiredo, K. F. (2000). *Logística empresarial: a perspectiva brasileira*. Editora Atlas SA.
- Wamba, S. F., Anand, A., Carter, L. (2013). A literature review of RFID-enabled healthcare applications and issues. *International Journal of Information Management*, 33(5), 875-891.
- Gao, D., Xu, Z., Ruan, Y. Z., Lu, H. (2017). From a systematic literature review to integrated definition for sustainable supply chain innovation (SSCI). *Journal of cleaner production*, 142, 1518-1538.
- Gampfer, F., Jürgens, A., Müller, M., Buchkremer, R. (2018). Past, current and future trends in enterprise architecture—A view beyond the horizon. *Computers in Industry*, 100, 70-84.

Garcia, E., dos Reis, L., Machado, L., Ferreira Filho, V. J. (2006). Gestão de estoques: otimizando a logística e a cadeia de suprimentos. Editora E-papers.

Gartner(2018):

link:<https://www.gartner.com/technology/research/methodologies/hype-cycle.jsp>

Günther, O. P., Kletti, W., Kubach, U. RFID in Manufacturing. Springer Science & Business Media, 2008.

Haddad, C. R., Rizzotto, F. H., Maldonado, M. U. (2016). Revisão Estruturada da Literatura sobre RFID e suas Aplicações na Cadeia de Suprimentos. Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 08).

Hessel, F., Rampim, R., Sacramento, V., Bloch, S. (2011). Implementando RFID na cadeia de negócios: tecnologia a serviço da excelência. Porto Alegre.

Huang, H.-C.; Chang, F.-C.; Fang, W.-C (2011). Reversible data hiding with histogram-based difference expansion for QR code applications. IEEE Transactions on Consumer Electronics, v. 57, n. 2.

Huang, C. H., Shen, P. Y., Huang, Y. C. (2015, July). IoT-based physiological and environmental monitoring system in animal shelter. In Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), 2015 Seventh International Conference on (pp. 317-322).IEEE.

Huebner, A., Facchi, C., Janicke, H. (2012). Rifidi Toolkit: Virtuality for Testing RFID Systems. Seventh International Conference on Systems and Network Communications.

Jones, P., Clarke-Hill, C., Shears, P., Comfort, D., Hillier, D. (2004). Radio frequency identification in the UK: opportunities and challenges. International Journal of Retail & Distribution Management, 32(3), 164-171.

JSON. Disponível em: <<https://www.json.org/>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

Kalliamvakou, E., Gousios, G., Blincoe, K., Singer, L., German, D. M., Damian, D. (2014, May). The promises and perils of mining GitHub. Proceedings of the 11th working conference on mining software repositories (pp. 92-101).ACM.

Kang, Y. S., Park, I. H., Rhee, J., Lee, Y. H. (2016). MongoDB-based repository design for IoT-generated RFID/sensor big data. IEEE Sensors Journal, v. 16, n. 2, p. 485-497.

Kumar, A., Rahman, S. (2014). RFID-enabled process reengineering of closed-loop supply chains in the healthcare industry of Singapore. Journal of Cleaner Production, 85, 382-394.

Landt, J. The history of RFID. IEEE potentials, v. 24, n. 4, p. 8–11, 2005.

Lim, M. K., Bahr, W., & Leung, S. C. (2013). RFID in the warehouse: A literature analysis (1995–2010) of its applications, benefits, challenges and future trends. International Journal of Production Economics, 145(1), 409-430.

Liu, Y., Yang, J., Liu, M. (2008). Recognition of QR Code with mobile phones. In Control and Decision Conference, 2008.CCDC 2008. Chinese (pp. 203-206). IEEE..

Madnight (2018). https://madnight.github.io/github/#/pull_requests/2018/1. Acesso: 30/07/2018

Miraz, M. H., Ali, M., Excell, P. S., Picking, R. (2017). A review on internet of things (IoT), internet of everything (IoE) and internet of nano things (IoNT). arXiv preprint arXiv:1709.10470.

Mishra, A., Mishra, D. (2010). Application of RFID in Aviation Industry: an exploratory review. *Promet-Traffic & Transportation*, 22(5), 363-372.

Mitchell, S., Villa, N., Stewart-Weeks, M., Lange, A. (2013). The Internet of everything for cities: connecting people, process, data and things to improve the livability of cities and communities. San Jose: Cisco.

MongoDB (2018), mongodb.com. Acesso: 30/07/2018

Monteiro, A., Bezerra, A. L. B. (2003). Vantagem competitiva em logística empresarial baseada em tecnologia de informação. VI SemeAd,-FEA/USP, São Paulo.

Moretti, E. D. A., Anholon, R. (2016). Implantações de sistemas rfid nas empresas: uma análise literária de suas principais dificuldades. XXII SIMPEP - simpósio de engenharia de produção. Bauru, SP, Brasil.

Moura, R. A. (1997). Manual de logística: armazenagem e distribuição física. São Paulo: IMAN.

Musa, A., Dabo, A. A. A. (2016). A review of RFID in supply chain management: 2000–2015. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 17(2), 189-228.

Nadzir, N. M., Rahim, M. K. A., Zubir, F., Zabri, A., Majid, H. A. (2017). Wireless Sensor Node with Passive RFID for Indoor Monitoring System. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 7(3), 1459-1466.

Neves, J., Santos, F. (2007). Implantação de tecnologia de informação utilizadas na integração entre o chão-de-fábrica e os sistemas ERP. *Revista Controle & Instrumentação*, ano, 11, 56-61.

NodeJS (2018). Disponível em: <<https://nodejs.org/en/>>. Acesso em: 30/07/2018.

Noorshams, O., Boyd, J. D., & Murphy, T. H. (2017). Automating mouse weighing in group homecages with Raspberry Pi micro-computers. *Journal of neuroscience methods*, 285, 1-5.

Nukala, R., Panduru, K., Shields, A., Riordan, D., Doody, P., Walsh, J. (2016, June). Internet of Things: A review from 'Farm to Fork'. In Signals and Systems Conference (ISSC), 2016 27th Irish (pp. 1-6). IEEE.

Ojamaa, A., D  una, K. (2012). Assessing the security of Node.js platform. In Internet Technology And Secured Transactions, 2012 International Conference for (pp. 348-355). IEEE.

Oliveira, C. M. de, Terra, A. M., Filho, E. T. A., Heymann, M. C., Matias, I. de O. (2018). RFID Nos Cuidados Com A Sa de: Uma Revis o De Mapeamento Sistem tico. Acta BiomedicaBrasiliensia, vol. 9, N  1.

Oliveira, C. M. de, Soares, P. J. dos S. R., Morales, G., Arica, J.; Matias, I. de O. , (2017) RFID And Its Applicantions On Supply Chain In Brazil: A Structured Literature Review (2006 - 2016). Espacios, vol. 38, N  31, pag.32.

Oliveira, C. M. de, Soares, P. J. D. S. R., Morales, G., Arica, J., Matias, I. O. (2016). RFID E Suas Aplica es Na Cadeia De Suprimentos No Brasil: Estado Da Arte. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODU O. Jo o Pessoa/PB, Brasil (a).

Oliveira, C. M. de, Soares, P. J. D. S. R., Morales, G., Arica, J., Matias, I. O. (2016). Tecnologia RFID Para Rastreabilidade De Materiais Em Processos De Paradas Programadas Em Plataformas Mar timas. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODU O. Jo o Pessoa/PB, Brasil(b)

Palazzi, C. E., Ceriali, A., Dal Monte, M. (2009). RFID emulation in Rifidi environment. In Proc. of the International Symposium on Ubiquitous Computing (UCS'09), Beijing, China.

Pedroso, M. C., Zwicker, R., de Souza, C. A. A. (2009). RFID adoption: framework and survey in large Brazilian companies. Industrial Management & Data Systems, v. 109, n. 7, p. 877–897(a).

Pedroso, M. C.; Zwicker, R., de Souza, C. A. A. (2009). Ado o de RFID no Brasil: um Estudo. (b).

Petersen, K.; Vakkalanka, S.; Kuzniarz, L. Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. Information and Software Technology, v. 64, p. 1–18, 2015.

Python (2017). Dispon vel em: <https://www.python.org/>. Acesso em: 15 dez. 2017.

Rago, S. F. (2002). Log & Man Log stica, movimentac o e armazenagem de materiais. Guia do visitante da MOVIMAT, p. 10–11.

Ravindran, A. R., Warsing Jr, D. P. (2012). Supply chain engineering: Models and applications. CRC Press.

Ribeiro, P. C. C., Scavarda, A. J., Batalha, M. O. (2009). RFID in the international cattle supply chain: context, consumer privacy and legislation. *International Journal of Services and Operations Management*, 6(2), 149-164.

Roberts, C. M. (2006). Radio frequency identification (RFID). *Computers & Security*, 25(1), 18-26.

Rodrigues, F. F., Kleinschmidt, J. H. (2014). Estudo de Aplicações da Internet das Coisas em um Ambiente Acadêmico. *Revista ESPACIOS* | Vol. 35 (Nº 13).

Rodríguez, L., Huerta, M., Alvizu, R., Clotet, R. (2012). Overview of RFID Technology in Latin America. In *Andean Region International Conference (ANDESCON)*, 2012 VI (pp. 109-112). IEEE.

Rosa, C. B. (2003). *Gestão de almoxarifados*. São Paulo: Edicta.

Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L. (2011). The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 79(1), 42-50.

Ruttala, U. K., Balamurugan, M. S., Chakravarthi, M. K. (2015). NFC based smart campus payment system. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(19).

Sanner, M. F. (1999). Python: a programming language for software integration and development. *J Mol Graph Model*, 17(1), 57-61.

Sharma, A., Rani, R. (2015). IoT solutions for 3-D visualization of Twitter data. In *Advance Computing Conference (IACC)*, 2015 IEEE International (pp. 839-843). IEEE.

Schreiber, J. H. DA S., da Silva, S. B., Correia, A. R. (2009). Análise da aplicabilidade da solução RFID no contexto do sistema de abastecimento Kanban. *3rd CTA-DLR Workshop on Data Analysis & Flight Control*, p. 14-16.

Soares, P. D., Oliveira, C. M. de, Morales, G., Arica, J., Matias, I., Ferreira, A. S., Carneiro, V. (2017). Tracking of Materials and Equipment Used in Planned Maintenance Shutdowns on Offshore Platforms: An Approach using RFID. *OTC Brasil. Offshore Technology Conference* (a).

Soares, P. J., Oliveira, C. M. de, Morales, G., ARICA, J., MATIAS, I. (2017). State of the Art on Arduino and RFID. *International Joint Conference - ICIEOM-ADINGOR-IISE-AIM-ASEM*. Valencia, Espanha: 2017 (b)

Tilkov, S., Vinoski, S. (2010). Node.js: Using JavaScript to build high-performance network programs. *IEEE Internet Computing*, 14(6), 80-83.

Transcends (2017). Disponível em: <<http://transcends.co/>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

Tommy, R., Ravi, U., Mohan, D., Luke, J., Krishna, A. S., Subramaniam, G. (2015). Internet of Things (IoT) expanding the horizons of Mainframes. In 2015 5th International Conference on IT Convergence and Security (ICITCS) (pp. 1-4).IEEE.

Transcends (2017). <http://transcends.co>. Acesso: 30/07/2018

Ustundag, A., Tanyas, M. (2009). The impacts of radio frequency identification (RFID) technology on supply chain costs. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45(1), 29-38.

Van der Veen, J. S., Van der Waaij, B., Meijer, R. J. (2012). Sensor data storage performance: SQL or NoSQL, physical or virtual. In *Cloud computing (CLOUD)*, 2012 IEEE 5th international conference on (pp. 431-438).IEEE.

Valverde, E., Murdoch, E., Wreden, C., Goodwin, A., Osei-Kuffour, J., Kimmitt, K., Reagins, D. (2017). Selection and Implementation of RFID Drilling and Completion Technology in Challenging, Deepwater Environments. In *Offshore Technology Conference*. Offshore Technology Conference.

Veríssimo, N.; Musetti, M. A. (2003). A tecnologia de informação na gestão de armazenagem. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, v. 2.

Wen, Y.; CHAO-HSIEN, C.; Zang, L. (2010). The Use of RFID in Healthcare : Benefits and Barriers. n. June, p. 17–19.

W3schools (2017). Disponível em: <https://www.w3schools.com/nodejs/nodejs_intro.asp>. Acesso em: 15 dez. 2017.

Xu, H., Ding, Y., Wang, R., Shen, W., Li, P. (2016). A novel radio frequency identification three-dimensional indoor positioning system based on trilateral positioning algorithm. *Journal of Algorithms & Computational Technology*, 10(3), 158-168.

Yong-Shin K., Y. S., Park, I. H., Rhee, J., Lee, Y. H. (2016). MongoDB-based repository design for IoT-generated RFID/sensor big data. *IEEE Sensors Journal*, 16(2), 485-497.

Zarbin, A. J., Oliveira, M. M. (2013). Nanoestruturas de carbono (nanotubos, grafeno): Quo Vadis. *Química Nova*, 36(10), 1533-1539.

Zhu, X., Mukhopadhyay, S. K., Kurata, H. (2012). A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29(1), 152-167.

ANEXO 1

1.1 O Sistema

Para acessar o sistema, foi desenvolvida uma página relacionada ao projeto:

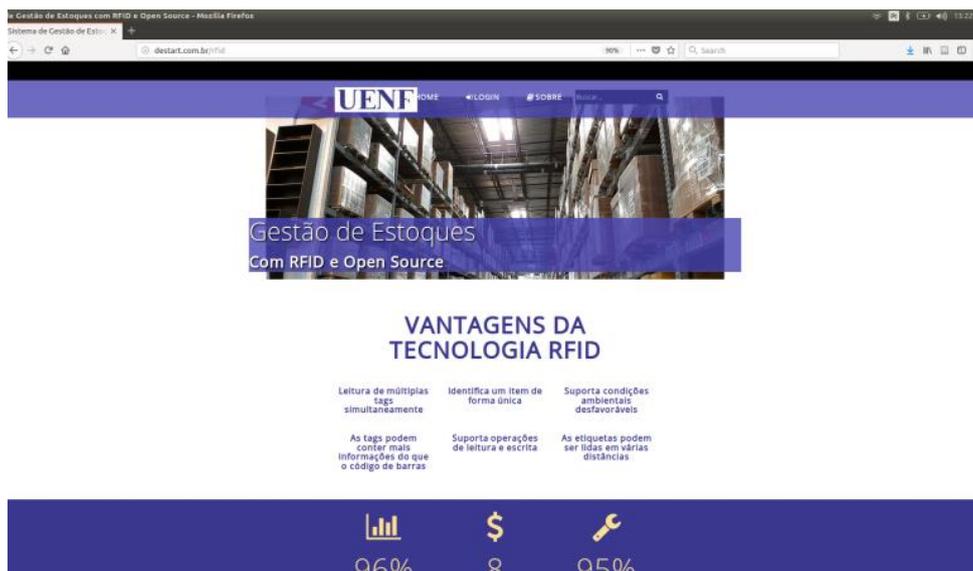


Figura 27 – Tela Inicial do Projeto.

A seguir são mostradas algumas telas do sistema desenvolvido.

1.1.1 Tela de *Login*

Para que algum usuário possa ter acesso ao sistema, primeiramente é necessário que o mesmo, acesse a tela de login e digite seu nome de usuário e senha. A tela de login no modo desktop e mobile são demonstrados na Figura 28:

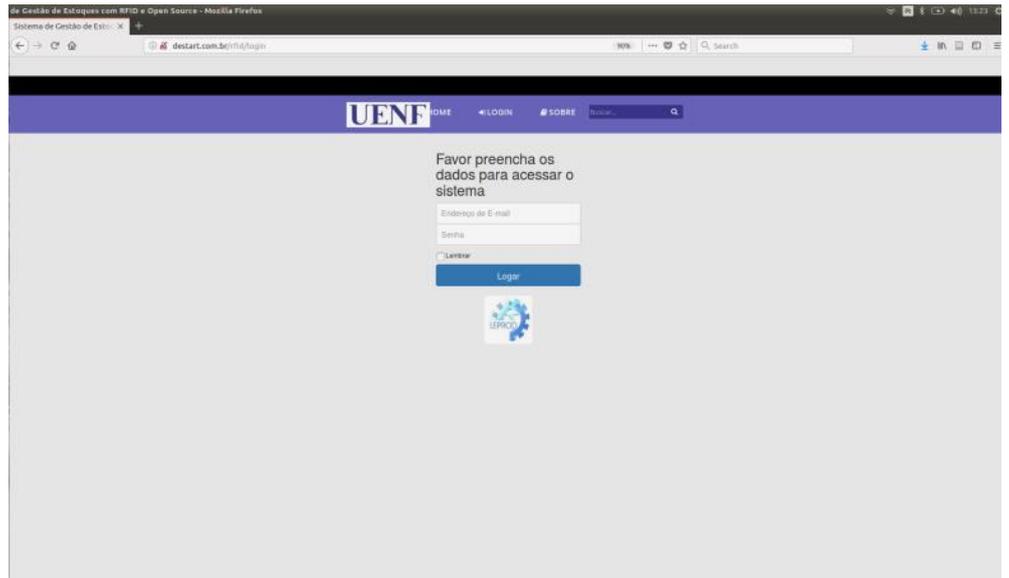


Figura 28 – Tela de Login.

1.1.2 Dashboard

Quando algum usuário tem acesso ao sistema, a primeira tela a ser visualizada é a tela de dashboard, onde são mostrados gráficos com indicadores de desempenho relacionados à gestão de estoques, como mostrado na Figura 29:



Figura 29 – Tela inicial do sistema.

1.2.3 Cadastros Básicos

Antes de realizar a simulação é necessário a utilização de cadastros básicos, tais como:

- Cadastro de Produtos;
- Cadastro de Locais;
- Cadastro de Leitores;

A Figura 30, mostra a tela de Cadastro de produtos:

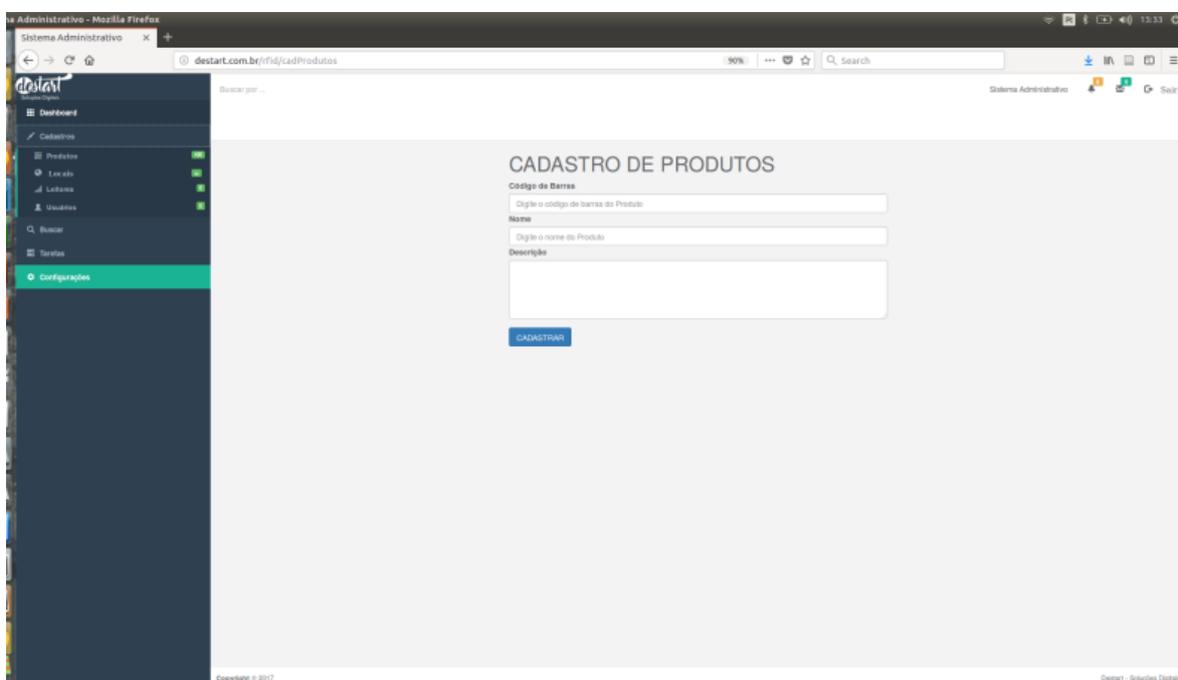


Figura 30 – Tela de Cadastro de Produtos.

1.2.4 Listagem dos Dados

Os dados cadastrados previamente podem ser exibidos através:

- Listagem de Produtos;
- Listagem de Locais;
- Listagem de Leitores;

A Figura 31, mostra a tela de Listagem de produtos:

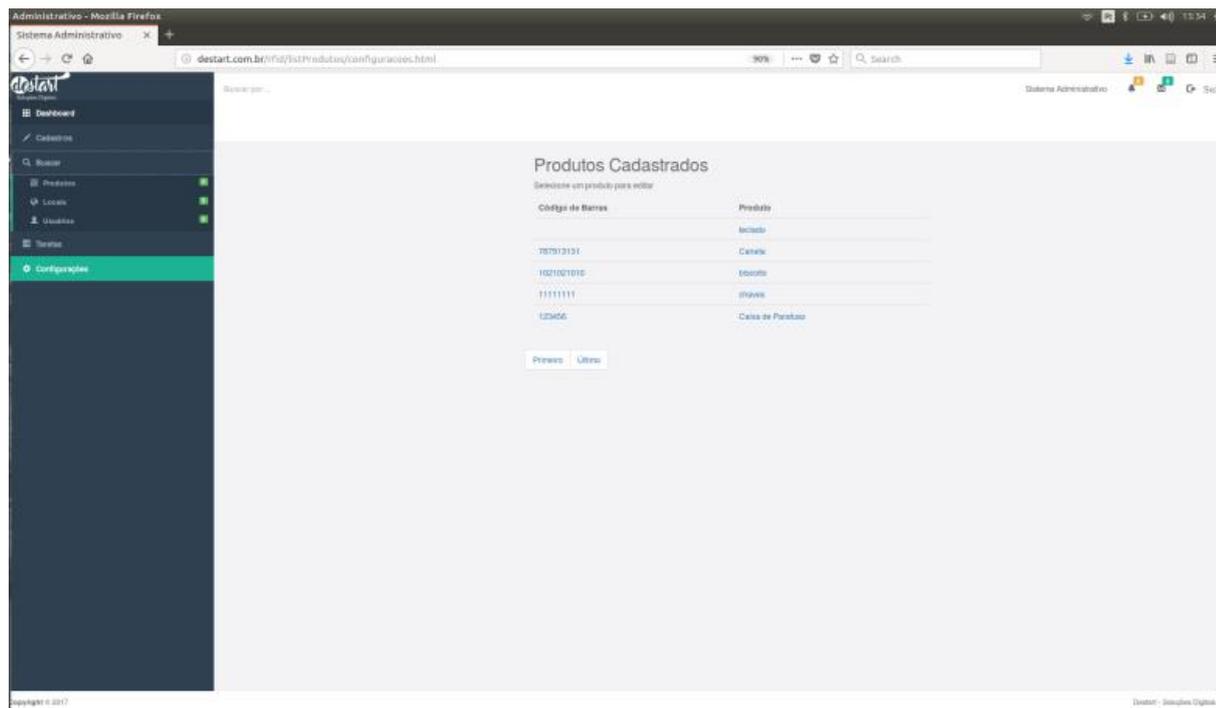


Figura 31 – Tela de listagem de produtos.

Cada tela de listagem os dados são exibidos em forma de paginação: