

AMAURO JOSÉ BEZERRA DA SILVA JUNIOR  
HENRIQUE KAZUO UEHARA

**PROJETO DE RASTREABILIDADE DE MEDICAMENTOS EM  
FARMÁCIA HOSPITALAR.**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para a conclusão de  
curso.

São Paulo  
2017

AMAURO JOSÉ BEZERRA DA SILVA JUNIOR  
HENRIQUE KAZUO UEHARA

**PROJETO DE RASTREABILIDADE DE MEDICAMENTOS EM  
FARMÁCIA HOSPITALAR.**

Monografia apresentada a Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para a conclusão de curso.

Curso de Graduação:  
Engenharia Mecatrônica

Orientador:  
Prof. Dr. Fabrício Junqueira

São Paulo  
2017

## **Catalogação-na-publicação**

**Silva Jr, Amauri Jose; Uehara, Henrique Kazuo**  
**Projeto de Rastreabilidade de Medicamentos em Farmácia**  
**Hospitalar / A. J. B. Silva Jr;H. K. Uehara. – São Paulo, 2017.**  
**37 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade**  
**de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de**  
**Sistemas Mecânicos.**

**1.RFID UHF 2.Web Server 3.Medicamentos**  
**I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento**  
**de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos II.t.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao nosso orientador Prof. Dr. Fabrício Junqueira pela sua constante orientação, paciência durante o período da realização do trabalho e pela ajuda nos momentos difíceis.

Aos professores da Escola Politécnica da USP, por terem transmitido seu conhecimento e ensinado a enfrentar desafios.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente na produção deste trabalho.

## RESUMO

O processo de controle e estocagem de medicamentos utilizado em muitos hospitais, como o Hospital Universitário da USP, ainda é realizado por meio da unitarização dos medicamentos e da utilização de código de barras. Especificamente, controlados e psicotrópicos, que possuem um controle mais rígido, a rastreabilidade desses se restringe apenas ao momento em que esses são dispensados da farmácia principal, podendo gerar erros no destino e extravios. O controle dessa categoria de remédios é feito manualmente em um livro de consulta de prescrições, cujo processo é realizado por meio de um funcionário dedicado somente à esse trabalho.

Conhecendo a aplicabilidade de sistemas RFID em projetos logísticos e hospitalares, foi desenvolvido um projeto para inserir essa tecnologia no apoio ao controle e rastreabilidade desse segmento de medicamentos, levando-se em conta o trajeto que eles percorrem até o destino final. Para a prova de conceito, foi utilizado um *hardware* composto por um leitor de etiquetas RFID HF com comunicação serial para a transmissão dos dados lidos. Além disso, desenvolveu-se uma interface em HTML e Java, que foi responsável pela visualização dos dados armazenados em um banco de dados, fornecendo o controle de estoque e outras métricas importantes para o processo. Com esse sistema foi possível verificar se o medicamento que percorre o processo de dispensação está correto, verificar o último ponto de controle onde o medicamento esteve localizado, controlar qual funcionário foi responsável pelo seu transporte e controlar o estoque de acordo com a validade dos medicamentos.

## ABSTRACT

The process of controlling and storing medicines used in many hospitals, such as the University Hospital of USP, is still developed through the unitarization of medicines and the use of bar codes. Specifically, controlled and psychotropic, which have a more rigid control, the traceability of these is restricted only when they are dispensed from the main pharmacy, which can generate errors in the destination and lost. The control of this category of remedies is done manually in a prescription consultation book, the process of which is carried out by an employee dedicated only to this work.

Knowing the applicability of RFID systems in logistics and hospital projects, this project was developed to insert this technology to support the control and traceability of this segment of medicines, taking into account the path that they travel to the final destination. For proof of concept, a hardware consisting of an HF RFID tag reader with serial communication was used to transmit the read data. In addition, an interface was developed in HTML and Java, which was responsible for visualizing data stored in a database, providing inventory control and other important metrics for the process. With this system it was possible to verify if the medicine that goes through the dispensing process is correct, to verify the last control point where the medicine was located, to control which employee was responsible for its transport and to control the stock according to the shelf life of the medicines.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caderno de controle de medicamentos controlados .....	2
Figura 2 - Tipos de Leitores.....	9
Figura a - Aparelho Autonomo.....	9
Figura b - Computador Portátil.....	9
Figura c - Leitor com Conexão USB.....	9
Figura d - Leitor Conectado à Rede.....	9
Figura 2 - Largura do Feixe (RFID Insider, 2017).....	10
Figura 3 - Polarização de Antena UHF RFID (RFID Insider, 2017) .....	11
Figura 4 - Circuito Integrado (RFID Insider, 2017) .....	12
Figura 5 - Tag Antena (RFID Insider, 2017) .....	12
Figura 6 - Revestimento (RFID Insider, 2017).....	13
Figura 7 - Exemplos de tags UHF RFID .....	13
Figura 8 - Mifare Card 1kB .....	14
Figura 9 - Adafruit PN 532 NFC RFID Controller Shield.....	16
Figura 10 - Planta da divisão de farmácia do HU .....	18
Figura 11 - Sistema atual de controle de estoque da farmácia .....	19
Figura 12 - Controle de devolução de remédios.....	20
Figura 13 - Remédios separados individualmente .....	20
Figura 14 – Fluxo da prescrição médica (Carvalho, 2014) .....	21
Figura 15 - Separação dos remédios .....	23
Figura 16 - Controle dos psicotrópicos.....	24
Figura 17 - Carrinho de remédios.....	24
Figura 18 - Estrutura do Sistema (Kurnianingsih, 2016).....	27
Figura 19 - Diagrama E-R pesquisado (Kurnianingsih, 2016) .....	27
Figura 20 - Dashboard do sistema pesquisado (Kurnianingsih, 2016) .....	28
Figura 21 - Diagrama de casos de uso: Usuário .....	29
Figura 22 - Diagrama E-R projetado .....	30
Figura 23 - Arquitetura MVC.....	31
Figura 24 - Página Inicial do Sistema .....	35
Figura 25 - Página de controle de estoque.....	35
Figura 26 - Tela de Cadastro de Medicamentos .....	36

Figura 27 - Tags e cartão RFID Mifare HF .....	37
Figura 28 - <i>Hardware</i> Arduíno com Shield RFID PN532 .....	38
Figura 29 - Tela de Acompanhamento Geral .....	39
Figura 30 - Tela Minhas Entregas .....	39

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Comparação entre os tipos de tags (Weis, 2007) .....	8
Tabela 2 - Frequências de operação existentes das tags passivas (Weis, 2007) .....	8
Tabela 3 - Comparação entre os diferentes modelos de Arduino (FILIPEFLOP, 2014) .....	15
Tabela 4 - Histórico de Medicamentos no HU (Carvalho, 2014) .....	25
Tabela 5 - Causas de Erros de Contagem (Carvalho, 2014).....	26

## **LISTA DE SIGLAS**

ABC: Activity-based computing

ADHB: Auckland District Health Board

BCMA: Bar Code Medication Administration

CAIR: Centre for Artificial Intelligence Research

CPOE: Computerized Physician Order Entry

EPC: Electronic Product Code

HF: High Frequency

HQSC: Health Quality & Safety Commission

HTA: Hierarchical Task Analysis

IOM: Institute of Medicine

IOT: Internet of Things

LF: Low Frequency

RF: Radio Frequency

RFID: Radio Frequency Identification

SDK: System Development Kit

SHERPA: Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach

UHF: Ultra High Frequency

UWB: Ultra-Wide Band

NFC: Near Field Communications

## SUMÁRIO

1.	Introdução.....	1
1.1.	Objetivos do trabalho .....	2
1.2.	Estado da arte.....	2
1.3.	Metodologia utilizada .....	5
2.	Organização do trabalho.....	6
3.	Revisão Bibliográfica .....	7
3.1.	Visão geral sobre a tecnologia RFID.....	7
3.1.1.	RFID Reader .....	8
3.1.2.	RFID Antena.....	9
3.1.3.	RFID Tags .....	11
3.2.	Cartão RFID .....	13
3.3.	A plataforma Arduino .....	14
3.4.	Modulo Leitor RFID para Arduino.....	16
4.	Estudo sobre o H.U. .....	17
4.1.	O processo de medicação.....	17
4.1.1.	Prescrição .....	17
4.1.2.	Transcrição.....	17
4.1.3.	Dispensação.....	17
4.1.4.	Administração.....	17
4.1.5.	Monitoramento.....	17
4.2.	A divisão da farmácia.....	18
4.3.	Processo de dispensação .....	21
5.	Descrição do sistema .....	25
5.1.	Visão geral .....	25
5.2.	Modelagem virtual.....	29
5.2.1.	Diagramas de casos de uso .....	29

5.2.2.	Diagramas E-R .....	30
5.2.3.	Arquitetura do Sistema .....	30
5.3.	Hardware.....	32
5.3.1.	Sistemas de Rastreabilidade.....	32
5.3.2.	Escolha do Hardware .....	33
6.	Implementação do sistema .....	34
6.1.	Hardware e comunicação com banco de dados .....	34
6.2.	Sistema web e comunicação com banco de dados .....	34
6.3.	Implementação da aplicação WEB .....	34
6.3.1.	Interfaces.....	34
7.	Validação do projeto .....	36
7.1.	Cadastro.....	36
7.2.	Utilização do Hardware .....	37
7.3.	Acompanhamento Geral .....	38
7.4.	Minhas Entregas .....	39
8.	Conclusões.....	40
8.1.	Sugestões para o aperfeiçoamento do projeto.....	40
	Referências Bibliográficas .....	42

## 1. Introdução

Conforme o jornalista Aloísio Brandão, em artigo publicado no periódico *Pharmacia Brasileira*, edição 83 (2011), os problemas na assistência farmacêutica praticada no SUS como, por exemplo, a dificuldade de acesso ao medicamento, o volume insuficiente de financiamento, a ineficiência no sistema de aquisição, na gestão do estoque e logística de distribuição de medicamentos, acarretam, como consequências, o desperdício de produtos farmacêuticos e a ineficiência desse sistema.

Nos 6.443 hospitais pertencentes ao SUS e nas 63.662 unidades ambulatoriais, são realizados aproximadamente 1 bilhão de procedimentos/ano, 1 bilhão de procedimentos de atenção básica, 288 milhões de exames de laboratório, 2,3 milhões de partos, 8.000 transplantes de órgãos e 97% da oferta de hemodiálises (Novaes, 2006). Dada a grande demanda por serviços desse tipo, destinados à população, percebe-se a necessidade para que tais serviços sejam fornecidos de forma confiável e controlada, fornecendo o cuidado necessário ao paciente sem, ao mesmo tempo, comprometer o orçamento público.

Assim, a motivação deste trabalho baseia-se no fato de que esta pesquisa pode ser utilizada para melhorar o sistema da farmácia do H.U. e, posteriormente, ser um modelo que possa auxiliar também no aperfeiçoamento do controle no fornecimento de medicamentos e sua rastreabilidade.

Por meio de visitas monitoradas, pôde-se observar que o sistema de fornecimento de fármacos para os pacientes deste local ainda é muito limitado. As operações de recebimento, separação e fornecimento de medicamentos ainda são predominantemente manuais, com a ausência de um sistema de controle dos processos, abrindo uma margem muito grande de erros de manipulação que podem ser corrigidos e controlados.

Figura 1 - Caderno de controle de medicamentos controlados

Deste modo, este projeto pretende analisar este sistema, avaliar qual a melhor solução de rastreabilidade a ser implantada, analisar a tecnologia necessária para sua implantação e, por fim, oferecer uma solução que possa aperfeiçoar a rastreabilidade dos medicamentos fornecidos aos pacientes e, consequentemente reduzir a ocorrência de falhas e de perdas neste sistema. Esse benefício pode, por consequência, melhorar a qualidade geral do cuidado dos pacientes do hospital e também reduzir os custos gerais.

### 1.1. Objetivos do trabalho

O trabalho desenvolvido envolve a análise e o projeto de um sistema de rastreamento e controle da distribuição dos medicamentos da farmácia localizada no Hospital Universitário da USP. A validação do projeto será dada por meio de uma prova de conceito.

### 1.2. Estado da arte

Diversos estudos já foram realizados abordando os problemas existentes nas farmácias hospitalares. No trabalho realizado por Bertani (2012) pode-se observar como os princípios da produção enxuta podem ser aplicados nas organizações de

saúde. Bertani propõe que a elevada relação de atividades ao longo da cadeia, que não agregam valor, sugerem um grande potencial de ganho nos esforços voltados para a eliminação de desperdícios. A partir da aplicação das ferramentas de produção enxuta, ele consegue propor alterações no *layout* de laboratórios, analisando o fluxo de materiais e fornecer o potencial de ganho do *lean healthcare*.

Barbosa, Careta e Musetti (2011) realizaram modelagens de atividades do processo de atendimento ambulatorial. Sua modelagem é desenvolvida no âmbito da logística hospitalar. São analisados os fluxos de pacientes, materiais e informações nas fases de pré-atendimento, apoio ao atendimento e pós-atendimento. A partir dos dados coletados e analisados, é desenvolvida a modelagem baseada na metodologia EKD (*Enterprise Knowledge Development*).

Ao invés de uma abordagem mais geral no âmbito da saúde, Santos (2014) realizou uma abordagem focada na melhoria dos serviços farmacêuticos em unidades hospitalares. Santos também utilizou as ferramentas de produção enxuta, mas ele realiza uma análise mais profunda, restringindo sua pesquisa à análise de seis farmácias das unidades hospitalares pertencentes à uma empresa de Portugal, líder no setor da prestação de cuidados médicos. Essa empresa é formada por um grupo privado em cuidados de saúde líder em Portugal gerindo uma rede de hospitais e clínicas, a que se junta um instituto de diagnóstico e tratamento situado no norte do país. Para além das unidades totalmente privadas, lidera um consórcio para a construção e gestão de hospitais no âmbito de Parcerias Público-Privadas, detendo, em 2014, duas unidades nestas condições. Uma das soluções propostas foi o projeto do *redesign* de *layouts* das farmácias. Com tal proposta foi possível criar circuitos dentro da farmácia com maior fluxo e minimização de desperdício, acarretando um ganho de 30% na produtividade.

A fim de melhorar a rastreabilidade no circuito do medicamento, foi elaborado um *Value Stream Mapping* (VSM) dividido pelos vários processos desenvolvidos na farmácia. Após a análise dos dados por processo, foram elaboradas propostas de alternativas, dentre as quais, as principais se basearam na organização dos espaços (*redesign de layouts*), normalização de processos e o nivelamento de estoques. Diferentemente de Bertani, que utilizou diagramas de fluxo de materiais, Santos definiu áreas em função do processo pelo qual cada medicamento é consumido, por exemplo, dose unitária ou dose tradicional. Apesar do trabalho sugerir novas soluções para o controle dos níveis de reposição e controle do estoque, tais soluções não

envolvem meios automatizados para o desenvolvimento delas. No entanto, por meio da aplicação das ferramentas de produção enxuta, Santos obteve uma redução de 5% no valor de estoque das unidades hospitalares entre Outubro de 2013 e Fevereiro de 2014, além disso, conseguiu-se um ganho de 30% na produtividade.

O trabalho feito por Jami et al. (2014) tem ênfase na implementação de técnicas de manufatura no ambiente farmacêutico de modo a proporcionar uma melhora na qualidade do sistema. Eles utilizam a combinação de duas técnicas, a Lean e a Six Sigma e é denominada de LSS (*Lean Six Sigma*). Esse trabalho mostra exemplos e resultados de aplicações de técnicas e projetos em farmácias hospitalares, desde um algoritmo de como solucionar problemas existentes até técnicas para aplicação após um *brainstorm* com os envolvidos. A vantagem dessa abordagem é a de que não se necessita de uma grande quantidade de recursos ou de pericia para a sua implementação a fim de se obter uma melhora nos processos e na qualidade para os clientes.

No artigo desenvolvido por Yu (2011), técnicas de classificação, baseados em multi-critérios, e utilizando inteligência artificial são utilizadas para uma gestão efetiva de estoques. Enquanto a maioria das técnicas de classificação de estoques implementados utiliza a classificação ABC (desenvolvida pela *General Electric* e baseada no princípio de Pareto), Yu propõe uma análise diferenciada, adicionando critérios como *lead time*, uniformidade, obsolescência, durabilidade, custo de inventário e tamanho do pedido, reconhecidos como críticos também para a classificação de estoques. O autor afirma que o uso de tais técnicas proporciona a vantagem de utilizar a lógica simbólica e tecnologias computadorizadas avançadas para o desenvolvimento de diversos algoritmos de aprendizado para a classificação. A pesquisa comparou as técnicas de classificação baseadas na inteligência artificial (IA) com a análise discriminante múltipla tradicional (MDA). Os resultados mostraram que as técnicas baseadas em IA demonstram uma precisão superior às realizadas por MDA.

Uma análise feita após resultados da pesquisa em práticas farmacêuticas em hospitais nos EUA feita por Craig et al. (2008) mostra a evolução ocorrida desde a última pesquisa, em 2005, de como se comportaram os modelos de centralização de distribuição e administração e instalação de sistema robotizado no ambiente farmacêutico. Com isso há acesso a informações mais concretizadas em porcentagens de qual modelo é mais confiável, de como a automatização aumentou

a qualidade de distribuição, quais categorias de fármacos têm obtido mais demanda. Através de um estudo mais detalhado desses resultados é possível saber como agir nesse ambiente.

Uma melhor abordagem para exemplificar os resultados obtidos pela instalação de dois sistemas diferentes de automação foi produzido por Bryony et al. (2008). Nesse experimento foram instalados no Hospital Hammersmith, em Londres, dois sistemas de dispensação autônomos e foram utilizados como parâmetros para estudo do resultado: segurança, eficiência e satisfação da equipe. Foram gravados erros em dispensação no estágio final de checagem, tempo de etiquetagem, escolha e dispensa de itens, tempo para diferentes tipos de prescrições. Como resultado final da implementação de robôs para atuar no estoque obteve-se benefícios, em termos de redução de erros, redução de tempo seleção, aumento na satisfação da equipe, e aumento na capacidade de estoque. Tal resultado pode sugerir um possível cenário em que a mecanização da distribuição de medicamentos possa ser implementada na farmácia do hospital universitário e a avaliação desse cenário, levando-se em conta os custos envolvidos para a implementação.

### **1.3. Metodologia utilizada**

O trabalho foi desenvolvido a partir da divisão do problema nas seguintes etapas:

- Visitas à farmácia do H.U. visando o aprofundar o conhecimento sobre o sistema a ser estudado.
- Entrevistas a serem realizadas com os funcionários.
- Estudo do banco de dados utilizado atualmente para gestão de estoque da Farmacia do HU.
- Pesquisa sobre outros trabalhos que possam complementar o estudo.
- Identificação da sequência dos processos existentes na farmácia hospitalar do HU.
- Listagem de todos os componentes do sistema.
- Pesquisa sobre a melhor tecnologia a ser implementada.
- Projeto do sistema.
- Implementação do projeto.

- Testes do sistema.
- Interpretação dos resultados e posterior validação do sistema.
- Documentação do projeto.

#### **1.4. Organização do trabalho**

A partir da pesquisa sobre as soluções já existentes para o problema de rastreamento de medicamentos em farmácias hospitalares, foram pesquisadas quais as tecnologias candidatas a serem escolhidas para sua implementação no projeto.

Nos capítulos seguintes, foi feito uma abordagem aprofundando a pesquisa sobre a tecnologia escolhida. Posteriormente, é apresentado um estudo sobre os processos que englobam a farmácia hospitalar do HU.

No capítulo 5, o sistema projetado é descrito, com as propostas de projetos de Hardware e software, que serão implementados e validados nos capítulos seguintes.

Por fim, são apresentadas as conclusões do trabalho e as sugestões para o aperfeiçoamento do projeto em trabalhos futuros.

## 2. Revisão Bibliográfica

A fim de alcançar os objetivos deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as características da identificação via rádio frequência (RFID), que é a principal tecnologia sobre a qual o sistema está apoiado.

### 2.1. Visão geral sobre a tecnologia RFID

O princípio da tecnologia RFID baseia-se na utilização de um sistema sem fio que utiliza o campo eletromagnético de Radio Frequência (RF) para transferir dados de um identificador (*tag*) que está instalado no objeto o qual deseja-se identificar (Zachary Zhou, 2012). Este sistema se propõe a automatizar a identificação de objetos que contenham essa *tag*. Para tal, necessita-se de um mecanismo para realizar a leitura da informação contida na *tag* e armazená-la para futuro tratamento de dados.

Há uma similaridade entre o uso da tecnologia de RFID e da tecnologia de código de barras. Enquanto a primeira necessita de um leitor, antena e uma etiqueta que contenha um *chip*, a segunda necessita apenas de um leitor e de um código de barras. No entanto, para efetuar a leitura por código de barras é necessário encontrar visualmente o mesmo e, em seguida, apontar o *laser* do leitor na posição correta. No caso do RFID, o processo é realizado de forma mais simples pois, para realizar a leitura, não é necessário o contato direto entre o objeto lido e leitor. A única vantagem do código de barras em relação ao RFID é o custo do sistema. Deste modo, ao se comparar o sistema RFID com o sistema de código de barras pode-se verificar as seguintes vantagens oferecidas em relação ao último:

- A variedade de leitores disponíveis no mercado permitem a leitura de 1000 a 1500 *tags* RFID por segundo;
- Em função da potência do leitor utilizado e do tipo de *tag* RFID (passiva, semi-passiva ou ativa), a distância para leitura pode variar de 2 a 100 metros;
- É possível armazenar informação em *tags* especiais e reescrever tais informações conforme a necessidade.

Das três modalidades principais de *tags* RFID disponíveis no mercado, a ativa e a semi-passiva possuem uma fonte interna de energia. A vantagem dessas que apresentam armazenamento de energia é a de que elas podem iniciar a comunicação com o leitor e com isso gerar um alcance maior de leitura. A Tabela 1 exibe as propriedades de cada um desses tipos de *tags*:

Tabela 1 - Comparação entre os tipos de tags (Weis, 2007)

Tipos de Tags	Passiva	Semi-Passiva	Ativa
<b>Propriedades das Tags</b>			
<b>Fonte de Energia</b>	Energia proveniente da RF	Bateria	Bateria
<b>Comunicação</b>	Resposta apenas	Resposta apenas	Resposta e início
<b>Máximo Alcance</b>	10 metros	> 100 metros	> 100 metros
<b>Custo</b>	Baixo Custo	Alto Custo	Mais caro
<b>Exemplo Aplicação</b>	EPC	Pedágios	Rastreabilidade Estoque

Existem 5 faixas possíveis de operação da tecnologia RFID. A faixa de operação define quais tipos de equipamento, leitor e antena, serão utilizados e a distância de operação. A Tabela 2 apresenta as faixas e respectivas distâncias de operação das *tags* passivas.

Tabela 2 - Frequências de operação existentes das tags passivas (Weis, 2007)

Faixas de Frequência	Frequências	Distância de Leitura Passiva
Baixa Frequência (LF)	120-140 KHz	12-20 cm
Alta Frequência (HF)	13.56 MHz	10-20 cm
Ultra Alta Frequência (UHF)	868-928 MHz	3 metros
Microonda	2.45 & 5.8 GHz	3 metros
Ultra-Larga Banda (UWB)	3.1-10.6 GHz	10 metros

A seguir, serão identificados os leitores e *tags* pesquisados para implementação em hospitais. Tais dispositivos pesquisados baseiam-se em literaturas de projetos bem sucedidos.

### 2.1.1. *RFID Reader*

Para a aplicação da rastreabilidade de produtos e do controle de estoque, alguns requisitos devem ser atendidos. O sistema de trabalho ideal para os dispositivos procura a ausência do contato direto entre o leitor e o código de referência do produto. Assim, uma solução ideal para o problema de rastreabilidade de medicamentos no hospital seria a utilização de um sistema de RFID UHF.

Existem quatro grandes classes de Sistema RFID UHF (CoreRFID, 2008):

- Aparelhos autônomos que coletam informação da *tag* e realizam o *upload* dos dados posteriormente;
- Computadores portáteis que funcionam como leitores;
- Leitores periféricos com conexão USB;
- Leitores periféricos conectados à rede.



Figura a - Aparelho Autônomo



Figura b - Computador Portátil



Figura c - Leitor com Conexão USB



Figura d - Leitor Conectado à rede

Figura 2 - Tipos de Leitores

Os leitores periféricos conectados à rede levam grande vantagem em relação aos demais pelo fato de apresentarem saídas para mais de uma antena. Em função disso, tais dispositivos podem ser posicionados em áreas estratégicas.

Os leitores periféricos que possuem conexão com a rede podem ser de dois tipos: os integrados e os não integrados (RFID Insider, 2017). Os leitores integrados apresentam uma antena já embutida e permitem o acoplamento de outra antena, sendo assim solução de baixo custo. Para leitores que não possuem antenas embutidas, os aparelhos podem suportar de 2 a 32 antenas, dependendo do modelo do leitor e do campo de leitura necessário.

As conexões desses leitores podem ser feitas pelos seguintes meios (RFID Insider, 2017):

- Cabo RS-232;
- Cabo Ethernet;
- Cabo USB.

### **2.1.2. RFID Antena**

Para seleção de antenas RFID é necessário levar em consideração três importantes especificações: frequência de operação, ganho e largura do feixe, polarização (RFID Insider, 2017).

### 2.1.2.1. Frequência de Operação

Cada país possui sua própria regulamentação que especifica os campos de frequência de operação de UHF RFID. As frequências mais utilizadas são:

- 902-928 MHz (US/FCC)
- 865-868 MHz (EU/ETSI)
- 860-960 MHz (Global)

### 2.1.2.2. Ganho e largura do feixe

Essas grandezas são agrupadas juntas pois ambas são componentes elétricos da antena e inversamente proporcionais. Quanto maior o ganho, menor é a largura do feixe. Altos ganhos produzem uma área de cobertura mais estreita, mas o feixe irá percorrer uma distância maior. Largura de feixe podem ser comparados ao feixe de uma lanterna. O diagrama da Figura 3 mostra como diferentes ganhos afetam drasticamente a largura de feixe da antena.

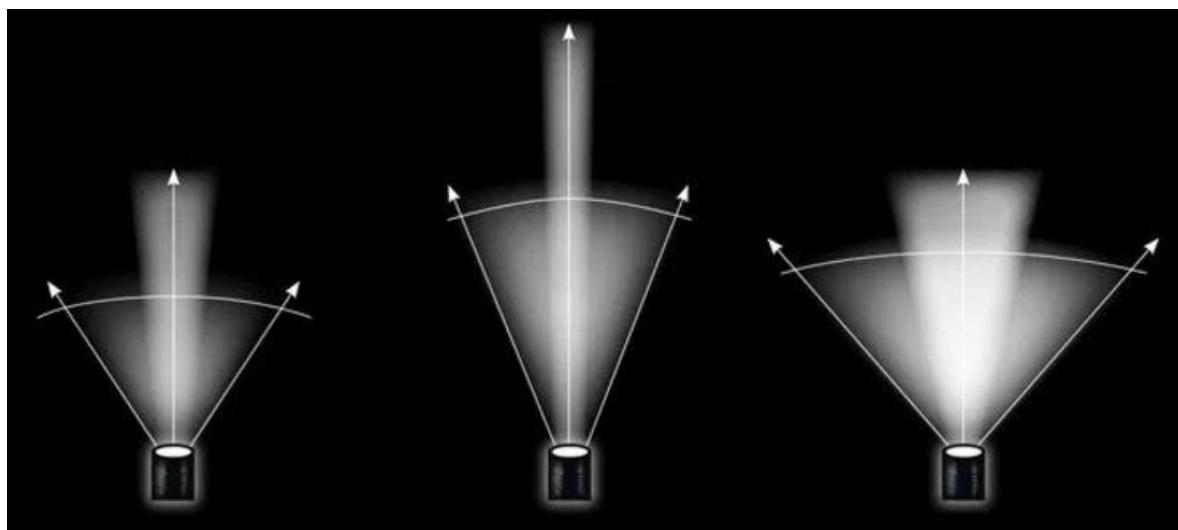


Figura 3 - Largura do Feixe (RFID Insider, 2017)

O ganho e largura de feixe ideal dependerão da especificação da aplicação do sistema. Caso seja necessária a localização de várias *tags* a uma curta distância, uma antena de baixo ganho será a melhor opção, como pode se observar na terceira imagem da 6.

### 2.1.2.3. Polarização

As antenas passivas de UHF RFID são linearmente ou circularmente polarizadas. Antenas linearmente polarizadas enviam ondas de RF num único plano horizontal ou vertical. Antenas circularmente polarizadas enviam ondas de RF num movimento horário ou anti-horário. Quando o sentido é horário a antena é dita *left-*

*hand circularly polarized* (LHCP) e o contrário, *right-hand circularly-polarized* (RHCP), (RFID Insider, 2017).

Quando há uma instalação de duas antenas, uma de frente para a outra, é importante saber se são antenas LHCP ou RHCP. Quando as antenas, que estão de frente uma para outra, emitem ondas no mesmo sentido, zonas nulas podem ocorrer onde as ondas se sobrepõem. Num sistema onde duas antenas ficam de frente uma para a outra e cada uma delas são ligadas à um leitor diferente, a combinação LHCP e RHCP cria uma zona de leitura mais efetiva do que no caso de duas antenas LHCP ou duas RHCP, (RFID Insider, 2017).

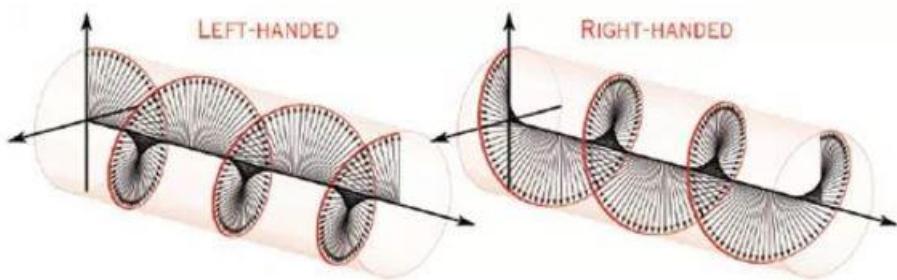


Figura 4 - Polarização de Antena UHF RFID (RFID Insider, 2017)

Se, na aplicação, a leitura das *tags* forem feitas todas na mesma orientação e na mesma altura, então uma antena linearmente polarizada será a melhor escolha. A maior vantagem na utilização de antenas circularmente polarizadas é que elas são melhores para aplicações onde não se pode prever a orientação em que encontra-se as *tags*.

### 2.1.3. *RFID Tags*

As *tags* RFID são divididas em três componentes: o circuito integrado (IC), antena, revestimento.

#### 2.1.3.1. *Circuito Integrado (IC)*

Essa parte é considerada o cérebro da *tag* e armazena uma informação única. Alguns tipos de IC (Figura 5) podem armazenar mais informações que outros. A maioria das *tags* UHF RFID aderem à *Class 1 Generation 2 standard (ISO 18000-6C)* e usam 96 bits de memória para armazenar o EPC (*Electronic Product Code*). Esse espaço é suficiente para armazenar 24 caracteres hexadecimais (0-9, A-F). No entanto, algumas RFID especiais possuem uma memória maior para se armazenar mais informações e possuem um maior custo (RFID Insider, 2017).



Figura 5 - Circuito Integrado (RFID Insider, 2017)

#### 2.1.3.2. Antena

O tamanho da antena da tag pode ser um forte indicador do alcance de leitura. Antenas RF também podem ser fortemente influenciadas pelo ambiente em que se encontram. Água e metal absorvem e refletem energia RF, respectivamente, e com isso podem reduzir o desempenho do sistema. No entanto para metais existem tags especiais para tal aplicação, (RFID Insider, 2017).



Figura 6 - Tag Antena (RFID Insider, 2017)

O formato da antena ajuda a indicar qual a frequência da tag. Tags HF & LF usam antenas em formato espiral para poder gerar energia suficiente para ativar o IC. Tags UHF utilizam geralmente antenas *dipole*, como indicada na Figura 6.

#### 2.1.3.3. Revestimento

Há dois tipos principais de entrega de tag, o *inlay* e o *label*. O *inlay* possui CI e antena e pode conter adesivo ou não no seu verso. Já o tipo *label* possui também um código de barras com a informação do produto, podendo conter ou não o *inlay* em sua constituição (RFID Insider, 2017). Os tipos de revestimento dessa tag podem proteger de impacto, temperatura, água ou ambientes que contenham metal. A Figura 8 mostra alguns tipos de tags especiais desenvolvidas para diferentes aplicações.



Figura 7 - Revestimento (RFID Insider, 2017)



Figura 8 - Exemplos de tags UHF RFID

## 2.2. Cartão RFID

Foi utilizado um cartão 13.56MHz RFID/NFC normalmente utilizado em trens/ônibus e também encontrado em outros sistemas onde a proximidade do cartão seja requerida. Essa *tag* possui um pequeno *chip* RFID e uma antena e é energizado passivamente pelo leitor quando colocado próximo. Pode ser armazenado no *chip* desse cartão até 1kB de dados (Figura 9). Essa informação é salva em seu EEPROM e suporta até 100.000 regravações. Também há uma ID permanente de 4-bytes gravada no *chip*, que pode ser usada pra diferenciar uma *tag* de outra e esse ID não pode ser modificado (Adafruit, 2017).

Detalhes Técnicos:

- 1 kB non-volatile EEPROM storage
- Built in encryption engine with 48-bit key
- 4 Byte de identificação única gravadas no *chip*
- 13.56 MHz de frequencia



Figura 9 - Mifare Card 1kB

### 2.3. A plataforma Arduino

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica, baseado em *hardware* e *software* de fácil utilização (Badamasi, 2014). O modelo mais simples é o Arduino Uno R3 e seu *hardware* é composto pelos seguintes componentes:

- Entrada USB: usado para fazer o *upload* do programa ao microcontrolador e alimentar a placa.
- Fonte de alimentação externa: usado para alimentar a placa e cuja tensão pode ser regulada de 9 V a 12 V.
- Botão de *reset*: reseta o Arduino para executar outro comando caso tenha sido feito o *upload*.
- Microcontrolador: recebe e envia as informações de comando ao circuito utilizado.
- Pinos analógicos: pinos de entrada analógica, de A0 a A5.
- Pinos I/O digitais: pinos de entrada e saída digital, de 2 a 13.

O *software* é composto pelo IDE (*Integrated Development Environment*) e é dividido em 3 partes principais:

- Área de comando: composto por um menu de itens como *File*, *Edit*, *Sketch*, *Tools*, *Help* e ícones de verificação e *upload* do programa.
- Área de texto: local para escrever o programa.
- Janela de mensagem: mostra mensagens do IDE relacionadas à verificação do código.

O Arduino Uno R3 possui uma capacidade analógica diversificada, possibilitando a utilização em conjunto com praticamente todos os tipos de componentes, sensores e atuadores. A linguagem de programação utilizada é baseada em C e é de fácil implementação por não estar vinculado a nenhum sistema operacional (ORSINI, 2017).

A placa básica é composta por um controlador Atmel AVR de 8 *bits* (algumas versões chegam a 32 bits), conexões digitais e analógicas e entrada USB para ligação simples e direta a computadores. A plataforma suporta e transmite uma corrente elétrica de até 40 mA. A placa possui memória RAM de 2 KB e consome 175 mW (SOUZA, 2017).

Devido à existência de diversos modelos de Arduino, foi feita uma análise mais detalhada dessas placas levando em conta os dados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Comparação entre os diferentes modelos de Arduino (FILIPEFLOP, 2014)

	Arduino Uno	Arduino Mega2560	Arduino Leonardo	Arduino Due	Arduino ADK	Arduino Nano	Arduino Pro Mini	Arduino Esplora
								
Microcontrolador	ATmega328	ATmega2560	ATmega32u4	AT91SAM3X8E	ATmega2560	ATmega168 (versão 2.x) ou ATmega328 (versão 3.x)	ATmega168	ATmega32u4
Portas digitais	14	54	20	54	54	14	14	-
Portas PWM	6	15	7	12	15	6	6	-
Portas analógicas	6	16	12	12	16	8	8	-
Memória	32 K (0,5 K usado pelo bootloader)	256 K (8 K usados pelo bootloader)	32 K (4 K usados pelo bootloader)	512 K disponível para aplicações	256 K (8 K usados pelo bootloader)	16 K (ATmega168) ou 32K (ATmega328), 2 K usados pelo bootloader	16 K (2k usados pelo bootloader)	32 K (4 K usados pelo bootloader)
Clock	16 Mhz	16 Mhz	16 Mhz	84 Mhz	16 Mhz	16 Mhz	8 Mhz (modelo 3.3v) ou 16 Mhz (modelo 5v)	16 Mhz
Conexão	USB	USB	Micro USB	Micro USB	USB	USB Mini-B	Serial / Módulo USB externo	Micro USB
Conector para alimentação externa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Tensão de operação	5v	5v	5v	3,3v	5v	5v	3,3v ou 5v, dependendo do modelo	5v
Corrente máxima portas E/S	40 mA	40 mA	40 mA	130 mA	40 mA	40 mA	40 mA	-
Alimentação	7 - 12 Vdc	3.35 - 12 V (modelo 3.3v), ou 5 - 12 V (modelo 5v)	5v					

Pela análise, percebe-se que a principal diferença entre os modelos de Arduino é o número de portas digitais, PWM e analógicas. A memória varia de 16 a 512 kbytes dependendo do microcontrolador utilizado. Apesar do Arduino Due ser a placa de maior capacidade de processamento, suas portas operam à 3,3 V, o que compromete a utilização de alguns *shields* disponíveis no mercado que trabalham a 5 V. Com exceção ao Arduino Pro Mini, todas as outras placas possuem a mesma capacidade

de processamento de 16 MHz (FILIPEFLOP, 2017). Sendo assim, a escolha da placa utilizada dependerá basicamente do número de portas e da memória necessárias.

#### 2.4. Modulo Leitor RFID para Arduino

Devido ao alto custo de aquisição dos equipamentos citados acima, para prova de conceito deste projeto, serão utilizados dois *shields* RFID PN532. Serão utilizados apenas dois desses equipamentos, pois para provar o conceito de rastreabilidade na interface, são necessários pelo menos dois pontos: um ponto de saída e um ponto de chegada. Esse módulo trabalha na frequência HF de 13.56 MHz.

O Adafruit NFC shield usa o *chip-set* PN532 e é embutido em muitos aparelhos celulares ou dispositivos que utilizam NFC (Adafruit, 2017). Esse dispositivo pode tanto ler como escrever informações em *tags* e cartões, comunicar com celulares e atuar também como uma *tag* NFC.

Esse *shield* foi projetado por engenheiros de RF (Adafruit, 2017), sendo criado um *layout* e antena com alcance de 10 cm, que é o máximo de distância possível para uma tecnologia RFID HF.

O dispositivo é projetado para trabalhar com protocolos de comunicação I2C ou SPI. O padrão I2C que utiliza menos pinos: analógico 4 e 5 são usados para I2C. O pino digital 2 é utilizado para notificação de interrupção. Esse pino seta a saída em nível baixo quando um cartão ou celular estiver no alcance.

A Figura 10 mostra a montagem do *shield* PN532 com o Arduíno Uno.

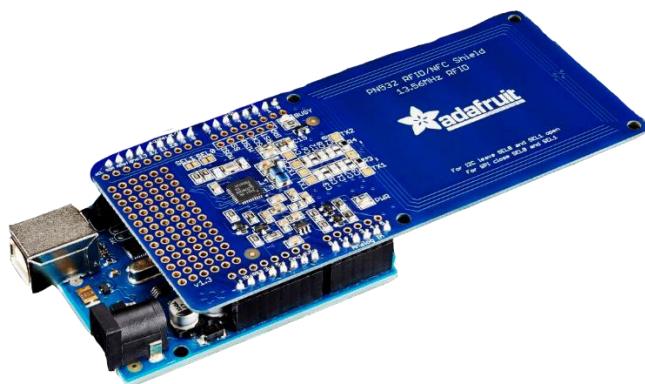


Figura 10 - Adafruit PN 532 NFC RFID Controller Shield

### **3. Estudo sobre o H.U.**

O estudo foi realizado na Divisão de Farmácia do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo. Trata-se de hospital de média complexidade, com cerca de 250 leitos, que atende a Região do Butantã, alunos e funcionários da Universidade.

#### **3.1. O processo de medicação**

O processo geral de medicação do paciente ocorre seguindo os seguintes passos:

##### **3.1.1. Prescrição**

Nesta etapa ocorre a avaliação do paciente e o estabelecimento da necessidade de um medicamento correspondente. O medicamento é selecionado e, em seguida, prescrito.

##### **3.1.2. Transcrição**

Após a prescrição do medicamento, ele é transscrito. É feito o pedido e o mesmo é transmitido à farmácia.

##### **3.1.3. Dispensação**

O pedido prescrito é revisto pelo farmacêutico. A transcrição é confirmada. Em caso de discrepâncias, o responsável pela prescrição é contatado. A seguir, o medicamento é preparado e distribuído.

##### **3.1.4. Administração**

Nesta etapa a enfermeira responsável realiza a revisão da ordem prescrita. Ela confirma a prescrição. Revê os riscos, interações e alergias do paciente, e em seguida, o avalia. No final deste processo, o medicamento é administrado ao paciente, caso seu quadro de saúde esteja coerente com sua prescrição.

##### **3.1.5. Monitoramento**

Nesta última etapa, a resposta do paciente ao medicamento é monitorada e os resultados são documentados e continuamente monitorados.

### 3.2. A divisão da farmácia



Figura 11 - Planta da divisão de farmácia do HU

A Divisão de Farmácia é responsável pela dispensação de medicamentos aos pacientes internados. Para tanto, conta com um Serviço de Farmácia Hospitalar que dispensa os medicamentos pelo Sistema Individualizado de Distribuição de Medicamentos, observado na Figura 11, ou seja, encaminha os medicamentos por paciente internado e por período de internação (Manhã, Tarde e Noite), conforme dados da prescrição médica.

Compras		Estoque		Gerencial		Recebimento		Kit		Financeiro											
Relatório de Material <span style="color: red;">Permite impressão e navegação pelas paginas do relatório</span>																					
/ 167																					
Hospital Universitário da USP Av. Prof. Lineu Prestes, 2565 - Cidade Universitária São Paulo/SP - Cep 05508-900 Fone: 3039-9200 - Fax: 3812-8004																					
Sistema Apolo Rel: SGM-001-V01 23/4/2009 14:34:22																					
<b>CADASTRO DE MATERIAIS</b>								Page 2 of 167													
Código	Almox.	Descrição			Un. Medida																
3002	906003953	ACETILCISTEINA INJETAVEL 10 MG/ML 3ML PARA USO IM, IV, INALACAO			AMP	 3 0 0 2															
3004	601000506	ACETONA P/A FRASCO COM 1 LITRO			FRA	 3 0 0 4															
2294		ACHOCOLATADO TETRAPAK 200 ML			UN	 2 2 9 4															
3005	926000501	ACICLOVIR COMPRIMIDO 200 MG			COM	 2 3 2 1 6 5 4 9 8 7															
3006	926000808	ACICLOVIR INJETÁVEL 250 MG INTRAVENOSO			F/A	 3 0 0 6															

Figura 12 - Sistema atual de controle de estoque da farmácia

No entanto, entrevistas com os funcionários indicaram que o sistema é bem limitado em relação a sua funcionalidade. Uma das limitações é o fato de o sistema exigir cerca de 9 telas para o cadastro de medicamentos, sendo assim, um processo muito burocrático e ineficiente, como pode ser observado na Figura 12. Além disso, outro ponto limitante é o fato de o sistema somente controlar o fluxo de materiais por meio do código de barras, fato que impossibilita o rastreamento individual do medicamento. Tal fluxo é rastreado pelo sistema até o momento de saída do medicamento da área de dispensação. Esse controle limitado abre margem para que as causas de uma possível perda de medicamentos nesse processo não sejam identificadas, sendo que o processo de devolução é feito manualmente, conforme a Figura 13.

DEVOLUÇÃO DE MEDICAMENTOS PSICOTÓPICOS E ENTORPECENTES

Clinica UP

Legenda:  
D = devolvido

medicamento	D	D	D	D	D	D	D	D	D	TOTAL
cetamina fr. 50mg/ml - 10 ml - 2ml	D									
clobazam cp 10 mg										
cloral hidratado fr 10% - 50 ml										
codeína 30 mg										
diazepam amp 5 mg/ml - 2ml										
diazepam com 10 mg										
fenobarbital sódico amp (IV)										
fenitoína amp 250mg/5ml										
fentanil amp. 5 ml										
fentanil fr. 10 ml										
midazolam amp 15mg/ 3ml										
midazolam amp 50mg/ 10ml										
morfina, sulfato amp 1 mg/ 1 ml										
morfina, sulfato amp 10 mg/ 1 ml										
petidina clor.100mg/2ml										
propofol amp. 20 ml										
tramadol amp 50 mg/ml - 1 ml										
tramadol cap 50 mg										
Vacecidix - 100 mcg/ml - 2ml										

21/05/14

registro: ENFERMAGEM *[Assinatura]* Ana Beatriz Mateus Pires  
Enfermeira  
UFSCar

recebimento: FARMÁCIA

Figura 13 - Controle de devolução de remédios

Para o processo de dispensação, é realizada a individualização dos medicamentos para administração oral. Desta forma, estes são dispensados prontos para uso (dose unitária), sem que a equipe de enfermagem precise manipulá-los, conforme a Figura 14.

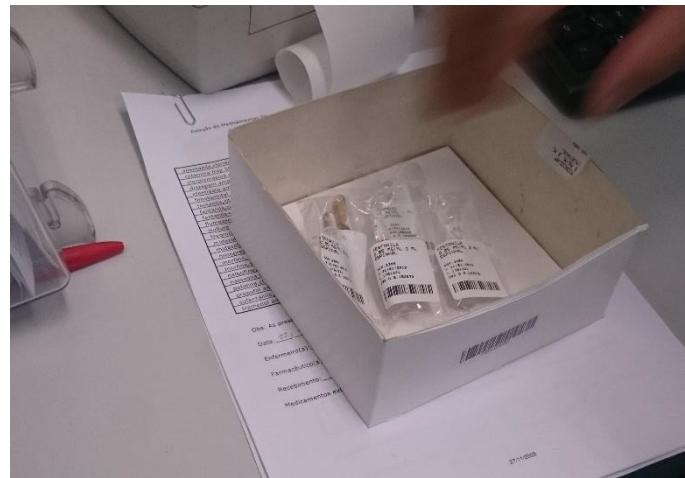


Figura 14 - Remédios separados individualmente

### 3.3. Processo de dispensação

O fluxo da prescrição médica para pacientes internados é dado pela Figura 15:

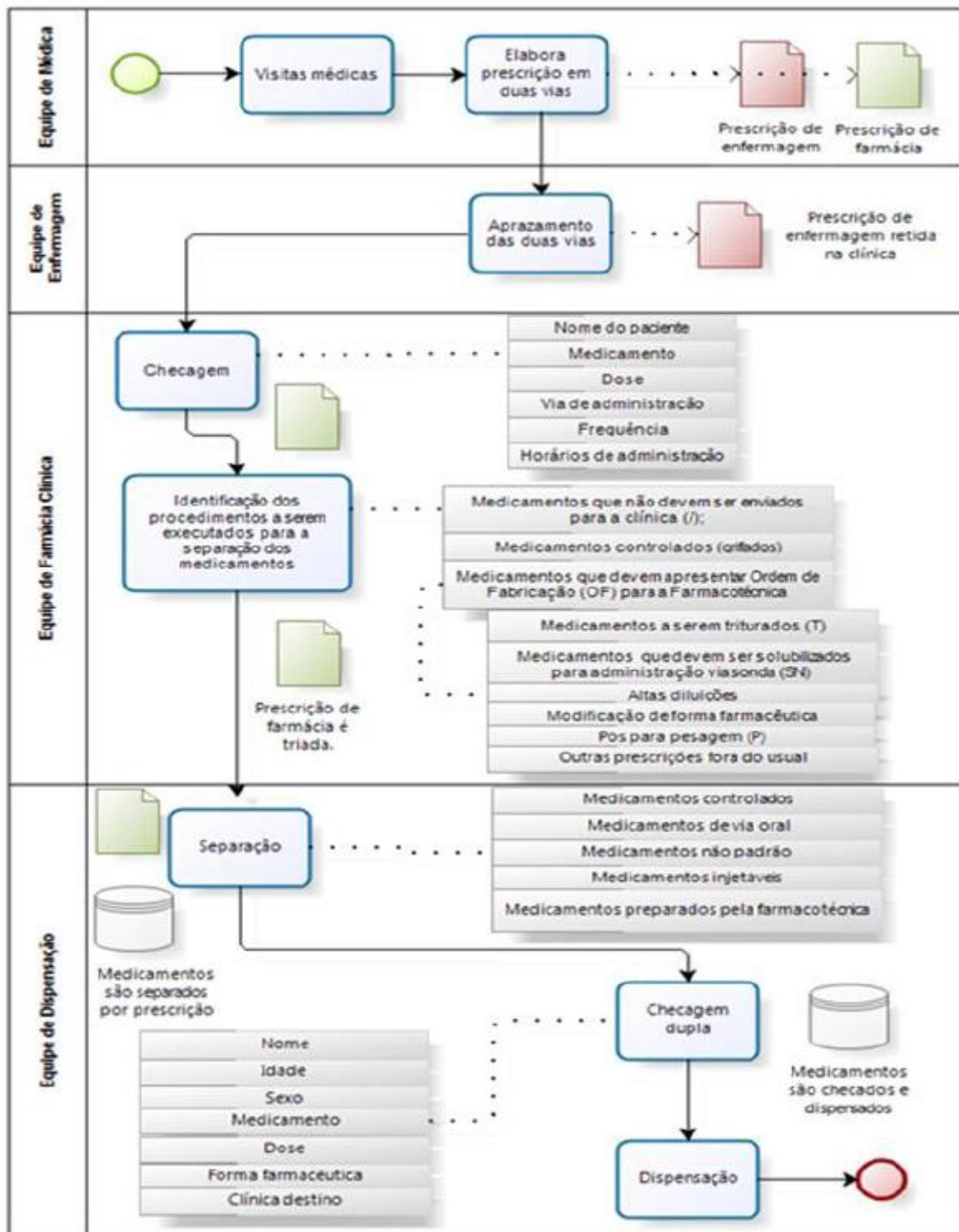


Figura 15 – Fluxo da prescrição médica (Carvalho, 2014)

A Equipe de Dispensação é composta por farmacêuticos e técnicos de farmácia e têm a função de separar os medicamentos por paciente conforme dados da prescrição médica, realizar a checagem final e entregar os medicamentos separados

nas unidades de internação. Assim, para a execução dessas atividades no período da tarde, a Divisão de Farmácia conta com 1 a 2 técnicos para a etapa de separação de medicamentos, dois técnicos para a conferência e embalagens dos medicamentos separados por pacientes e período de administração e 1 técnico para realizar a manipulação de medicamentos em dose unitária (Farmacotécnica). Neste período há maior número de funcionários é executada grande parte das separações de pacientes internados. No período noturno, há um único técnico e no período da manhã há de 2 a 3 técnicos, incluindo o alocado na Farmacotécnica. Em todos os período há um farmacêutico.

Desta forma, a atividade de separação dos medicamentos por paciente é iniciada com a leitura da prescrição médica já triada (via Farmácia), a identificação do paciente e a etiquetagem das embalagens individuais que conterão os medicamentos dos pacientes para períodos manhã, tarde, noite e psicofármacos. Cada paciente terá esse conjunto de embalagens já que os medicamentos são dispensados por período de plantão (manhã, tarde, noite) e os psicofármacos são dispensados separadamente, possibilitando seu armazenamento de forma diferenciada na unidade de internação, ou seja, trancado em armário específico, conforme legislação sanitária vigente. Os medicamentos serão separados na ordem determinada:

- Medicamento controlado (que será documentada a saída do medicamento de acordo com legislação);
- Medicamento via oral;
- Medicamento não padronizado no HU-USP;
- Medicamento injetável;
- Medicamento farmacotécnico.



Figura 16 - Separação dos remédios

Após a realização da separação do medicamento, conforme a Figura 16, ocorre a checagem dos itens separados com a leitura do: nome, idade, sexo, clínica na qual o paciente está internado, medicamento separados, doses, posologia, forma farmacêutica, horário de administração, psicofármacos e separação dos medicamentos por horário de administração em sua embalagem correspondente. No caso dos psicotrópicos e controlados, pelo fato de apresentarem custo mais elevado e uso restrito, seu controle é feito manualmente utilizando um livro de registro, como pode ser observado na Figura 17. Esse processo adicional é responsável por demandar um funcionário exclusivo para essa área, sendo assim um obstáculo para a eficiência operacional do processo.

DATA	MOVIMENTO	ESTOQUE	OBSERVAÇÕES	HISTÓRICO		
				Entrada	Saída	Pendas
17/01/2017	Acresceto de prof. de 450	-	-	1000		
17/01/2017	Levata Gomos Taurino	-	03	-	1007	
17/01/2017	Carmo. Tolim de Tavares	-	03	-	1004	
17/01/2017	Ediane da Silva	-	03	-	1001	
17/01/2017	Edenice Jantana de Resende	-	03	-	998	
17/01/2017	Jenny. Catto no. jardins	-	03	-	995	
17/01/2017	" " "	01	-	-	996	
17/01/2017	Edenice Jantana de Resende	02	-	-	998	
17/01/2017	Carmo. Tolim de Tavares	01	-	-	999	
17/01/2017	Ediane da Silva	01	-	-	1000	
17/01/2017	Edenice Jantana de Resende	-	03	-	997	
17/01/2017	Gre. Paula. Keice. Watari	-	03	-	999	
17/01/2017	" " "	01	-	-	995	
17/01/2017	Ediane. Griano. Nenave. Glete	-	03	-	992	
17/01/2017	" " " "	02	-	-	994	
17/01/2017	Guilherme. Catto. Ribeiro	-	03	-	991	
17/01/2017	" " " "	01	-	-	992	
17/01/2017	Deniele. Lunes de Concações	-	03	-	999	
17/01/2017	Leyle. Rodriguez. Vinto	-	03	-	986	
17/01/2017	Ediane. Landa de Resende	-	03	-	983	
17/01/2017	Vanda. Landa dos Jantos	-	03	-	980	
17/01/2017	" " " "	01	-	-	981	
17/01/2017	Deniele. Lunes de Concações	-	01	-	982	
17/01/2017	Guido. da. Junes. Taurino. de. Junes	-	03	-	999	
17/01/2017	" " " "	02	-	-	982	
17/01/2017	Mayra. Kuni. Tavares. Kubigus	-	03	-	978	
17/01/2017	Paula. Paula. de. Nacar. Te	01	-	-	979	

Figura 17 - Controle dos psicotrópicos

Após todas essas etapas, os medicamentos são depositados em um dispositivo móvel (Figura 18) para serem alocados em sub-estações para cada um dos andares do hospital universitário.



Figura 18 - Carrinho de remédios

## 4. Descrição do sistema

### 4.1. Visão geral

Em relação ao fluxo de medicamentos no hospital universitário, a partir dos dados contidos na pesquisa sobre a dispensação de medicamentos na farmácia do H.U. (Carvalho, 2014), foram obtidas informações de erros detectados na checagem pela Equipe de Dispensação do Serviço de Farmácia do HU-USP no período de janeiro a setembro de 2012. Esses dados são apresentados na Tabela 4:

Tabela 4 - Histórico de Medicamentos no HU (Carvalho, 2014)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
FALTA DE MEDICAMENTO	222	199	224	199	205	196	169	159	149	50	0	0
EXCESSO DE MEDICAMENTO	69	58	64	52	73	67	51	55	74	13	0	0
CÁLCULO INCORRETO	3	1	0	4	2	7	4	4	2	0	0	0
FORMA FARMACÊUTICA INCORRETA	9	1	4	2	4	7	3	3	4	2	0	0
ERRO DE TRIAGEM	49	101	44	42	83	35	78	53	33	3	0	0
TROCA DE MEDICAMENTOS	21	16	12	24	13	20	37	15	27	2	0	0
FARMACOTÉCNICA	6	17	3	3	2	4	2	4	2	0	0	0
IDENTIFICAÇÃO INCORRETA	1	1	0	6	11	3	5	4	1	0	0	0
TOTAL POR MÊS	380	394	351	332	393	339	349	297	292	71	0	0
MÉDIA	347											
DESVIO Padrão	37											

Fonte: Departamento de Dispensação de Medicamentos do Serviço de Farmácia

Pode-se observar que as principais causas de erros na dispensação concentram-se nos processos de controle de estoque (falta de medicamentos), triagem (erros de triagem) e dispensação (excesso de medicamentos e troca de medicamentos).

A partir dos dados obtidos em função do movimento geral de internações no HU-USP, foi obtida a Tabela 5 de ocorrências por modo de falha de Dispensação de medicamentos para pacientes internados no HU-USP.

Tabela 5 - Causas de Erros de Contagem (Carvalho, 2014)

Total por modo de falha	Somatória	Média (jan-set)	Média de erro por média de internações em um mês	Ocorrência
<b>Falta de medicamento</b>	1593	177,0	0,155	Muito alta
<b>Excesso de medicamento</b>	563	62,6	0,054	Alta
<b>Cálculo incorreto</b>	27	3,0	0,002	Moderada
<b>Forma farmacêutica incorreta</b>	37	4,1	0,003	Moderada
<b>Erro de triagem</b>	518	57,6	0,050	Alta
<b>Troca de medicamentos</b>	185	20,6	0,018	Alta
<b>Farmacotécnica</b>	43	4,8	0,004	Moderada
<b>Identificação incorreta de embalagem individual</b>	32	3,6	0,003	Moderada

Segundo Carvalho, pode-se perceber que muitos desses modos de falha ocorrem numa frequência de moderada a alta.

A partir dos dados coletados, a autora elaborou um método de análise por modos de falha, analisando os efeitos potenciais e as possíveis causas desses problemas. Posteriormente, foi elaborado um plano de ação utilizando a metodologia PDCA (Plan-Do-Check-Act) para reduzir a frequência de ocorrência dessas falhas.

A limitação dessa metodologia, baseia-se no fato de que a efetividade das soluções desse problema buscam mudanças organizacionais, não podem ser mensuradas de forma muito clara, e consequentemente, o processo de feedback, não só para o acompanhamento dos resultados mas também para a identificação de outros problemas, seja efetuado com rapidez.

Kurnianingsih (2016), por outro lado, realizou uma abordagem diferente com a proposta de solucionar tais erros nas farmácias hospitalares. Sua proposta foi reduzir esses erros com o projeto e implementação de um sistema de localização de medicamentos utilizando RFID.

O sistema foi projetado para que os farmacêuticos entregassem medicamentos já com as tags RFID por meio da farmácia hospitalar. As enfermeiras entregam braceletes RFID para os pacientes. Nesse sistema, o leito do paciente contém um leitor RFID próprio.

A enfermeira responsável pelo paciente, cadastra as informações do paciente e da medicação que será aplicada. Quando o medicamento chega ao paciente, o sistema confere se o medicamento está correto para aquele leito.

A Figura 19 apresenta a arquitetura do sistema projetado por Kurnianingsih:

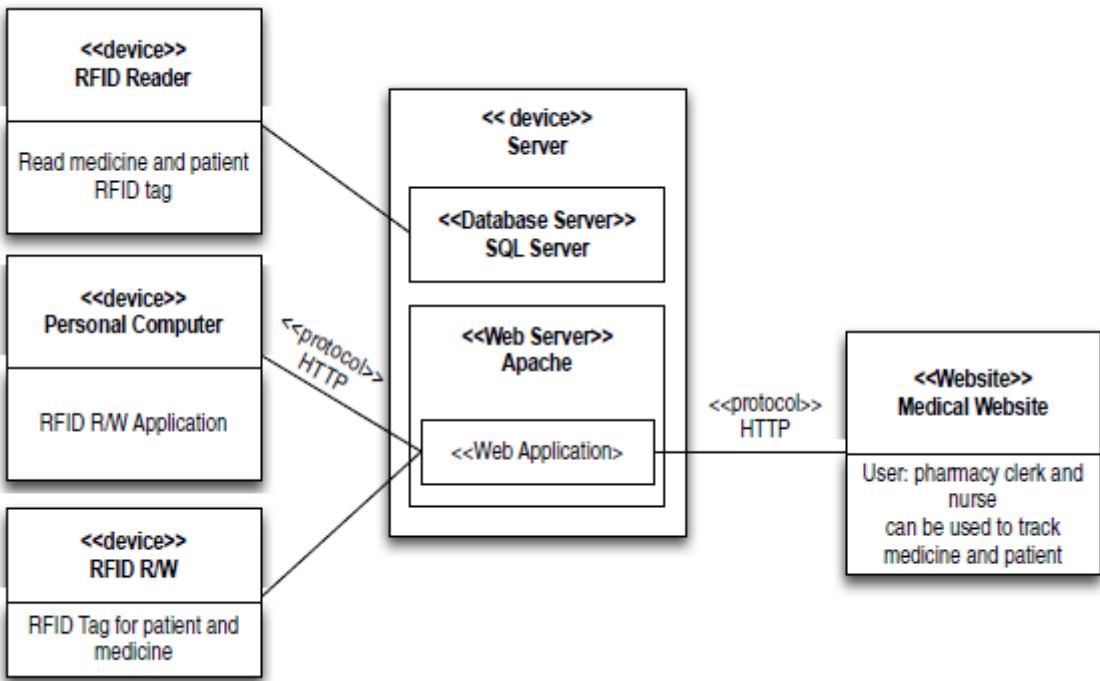


Figura 19 - Estrutura do Sistema (Kurnianingsih, 2016)

A estrutura de dados desenvolvida pela autora, é dada pelo seguinte diagrama da Figura 20:

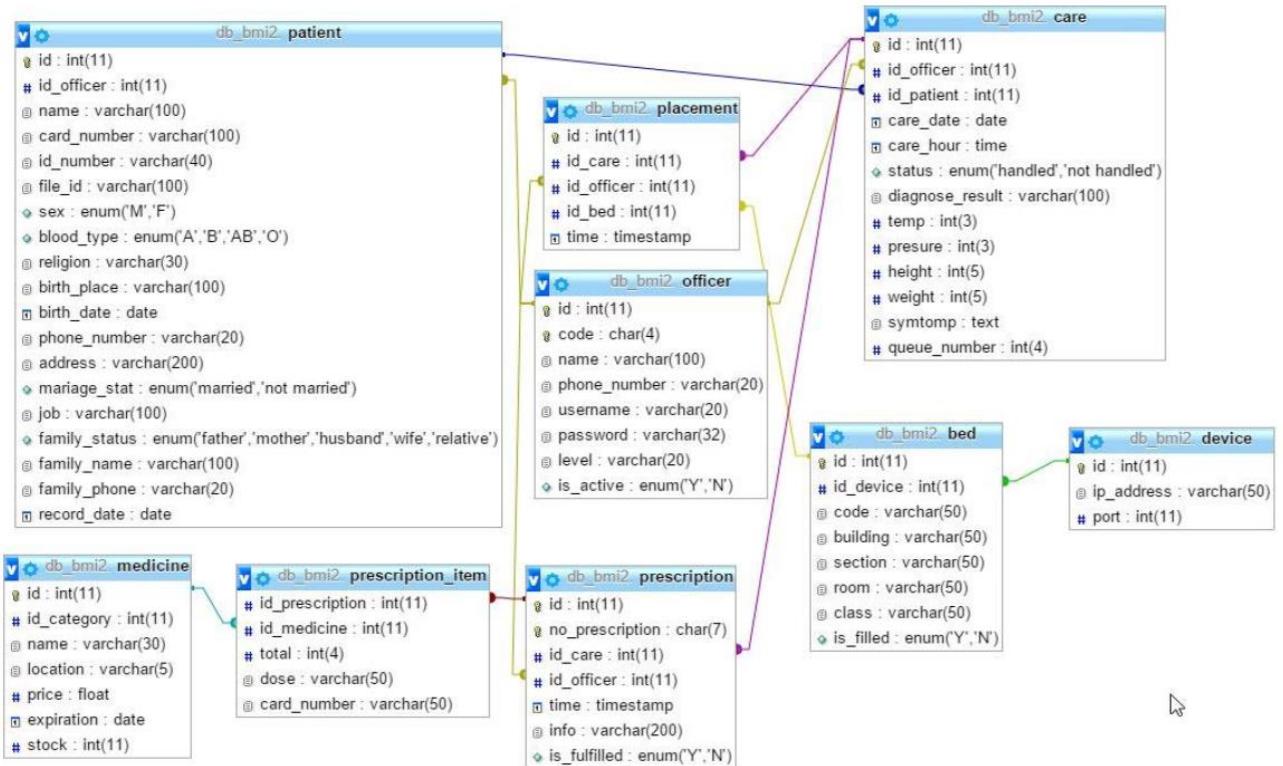


Figura 20 - Diagrama E-R pesquisado (Kurnianingsih, 2016)

Por meio de queries, o sistema relaciona as tabelas que contém a estrutura de dados da Figura 20, fornecendo as métricas relevantes ao usuário.

Os resultados experimentais foram executados pela autora utilizando as seguintes ferramentas:

- Controle de acesso RFID, versão de firmware 6.60
- MySQL Server 5.6.21
- VB.net usando MS Visual Studio 2015 Community Edition

Tais resultados podem ser observados por meio da Figura 21:

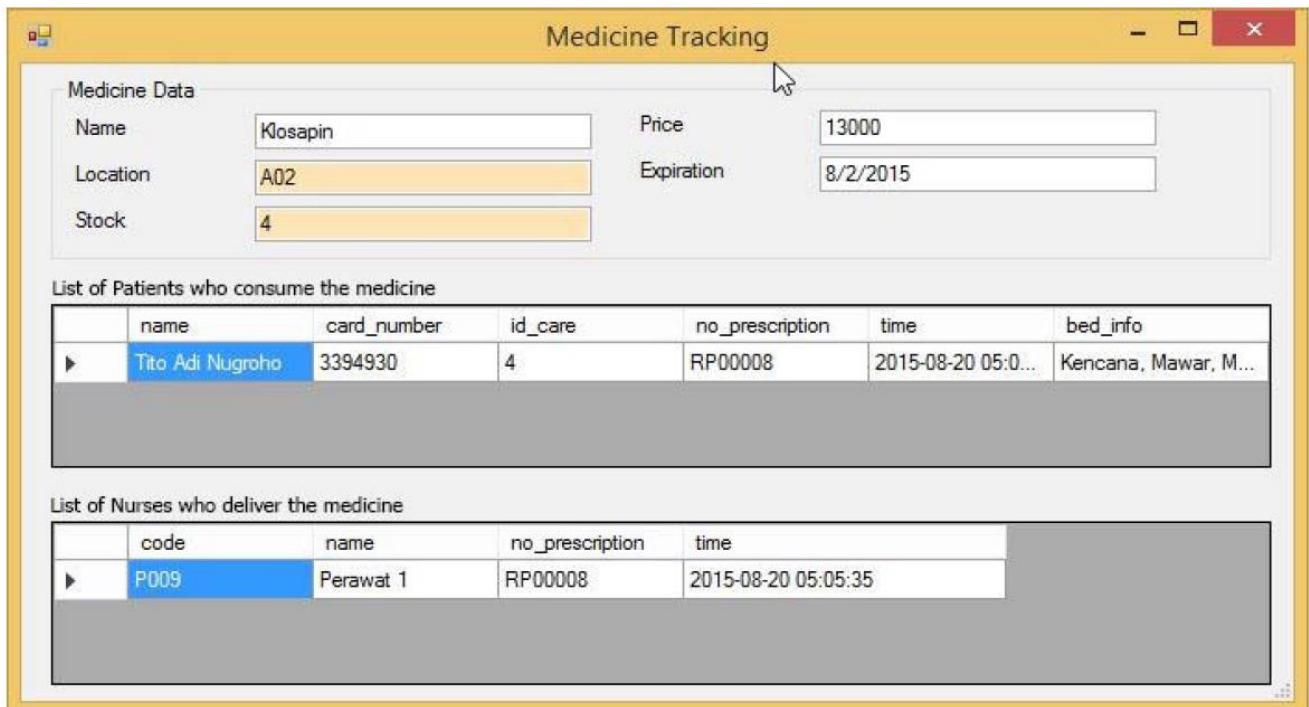


Figura 21 - Dashboard do sistema pesquisado (Kurnianingsih, 2016)

A partir da análise da pesquisa encontrada acima, alguns pontos foram levantados, como, por exemplo; se é realmente necessária a implantação de um leitor por leito levando-se em conta os custos para a implantação do projeto.

Outro ponto a ser considerado é a complexidade das tabelas e da interface a qual o usuário irá utilizar. Por se tratar de um sistema utilizado na área da saúde, as informações apresentadas devem ser claras e objetivas, já que um dos objetivos deste projeto é a redução de erros no ambiente hospitalar.

A partir dessa análise, pode-se observar que a implementação de um sistema de rastreamento, gerando métricas que podem ser armazenadas em um banco de dados, cujas informações podem ser requisitadas a qualquer instante. Isso pode gerar um processo de *feedback* e detecção de problemas mais eficiente.

A seguir será apresentada a tecnologia escolhida para aplicação e será descrita como ela foi implementada.

## 4.2. Modelagem virtual

Para o desenvolvimento do sistema web implementado, foi desenvolvido um *website* em HTML, com CSS e Javascript. Tal *website* se comunica com um banco de dados, por meio da linguagem em Java com *queries* em SQL. O acesso a esses dados ocorre por meio de um *login* e senha que são solicitados para cada usuário.

Os dados solicitados por meio das consultas em SQL são exibidos no *website* por meio de tabelas.

### 4.2.1. Diagramas de casos de uso

O sistema foi baseado no diagrama de casos uso da Figura 22.

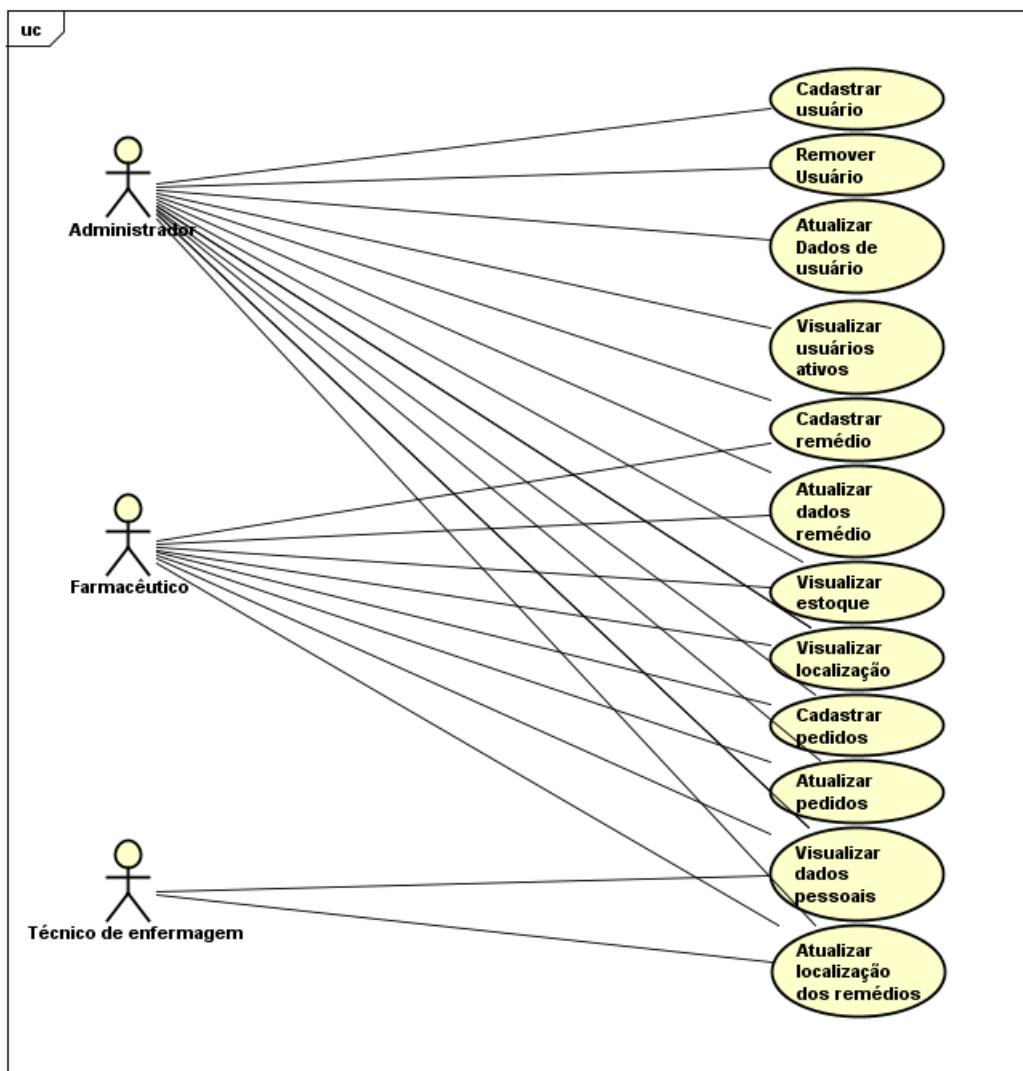


Figura 22 - Diagrama de casos de uso: Usuário

A interação com o sistema pode ser efetuado por meio de três atores principais: Administrador, Farmacêutico e o Técnico de Enfermagem. O técnico será o responsável por aplicar medicamento no paciente e por isso seu acesso ao sistema

é mais limitado. O farmacêutico é responsável por atividades relacionadas ao controle e cadastro de medicamentos e pedidos. E, por último, o administrador tem acesso à todas as ferramentas anteriormente descritas e também pode efetuar cadastro de novos usuários.

#### 4.2.2. Diagramas E-R

O banco de dados foi projetado para apresentar as tabelas indicadas na Figura 23, utilizando o diagrama E-R:

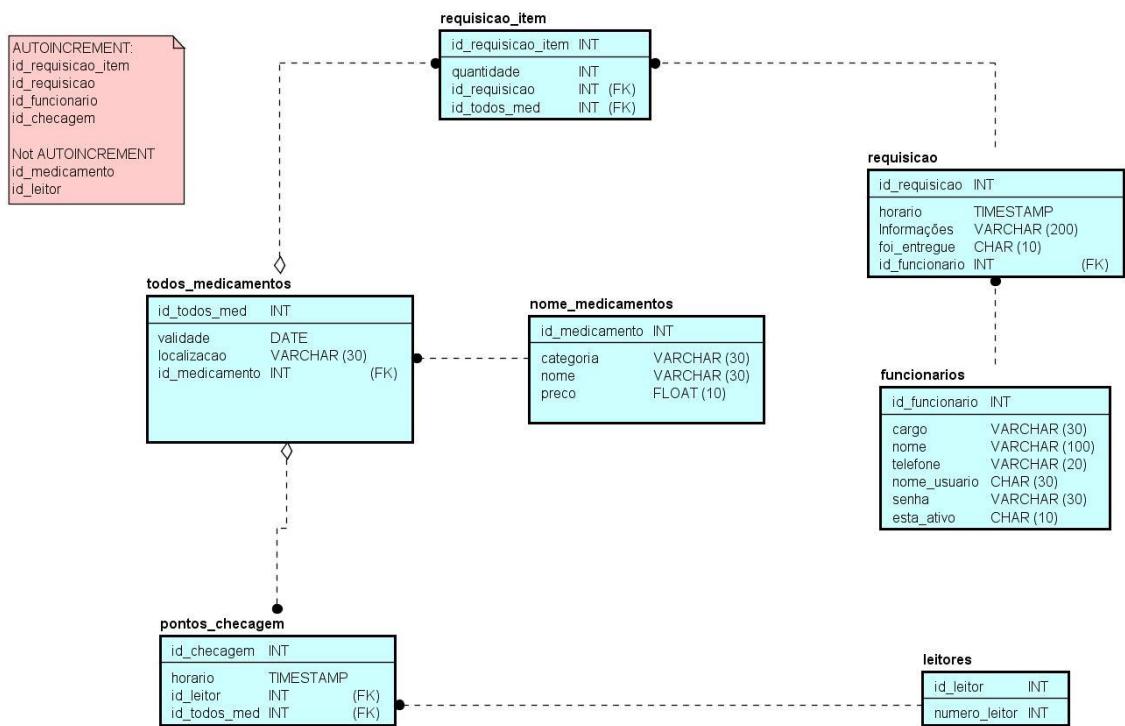


Figura 23 - Diagrama E-R projetado

#### 4.2.3. Arquitetura do Sistema

A arquitetura proposta para o sistema seguiu o padrão MVC – *Model View Controller*. É uma maneira estruturada de mapear um sistema com entradas e saída, em que algum agente, geralmente um usuário ou outra aplicação, interage com o sistema através de entradas, que são processadas de acordo com a lógica de negócios, e as saídas são apresentadas. Em um sistema de informação, a visão exibe a interface e o controlador gerencia requisições, acessando o modelo para controlar informações. Uma representação dessa arquitetura pode ser vista na Figura 24.

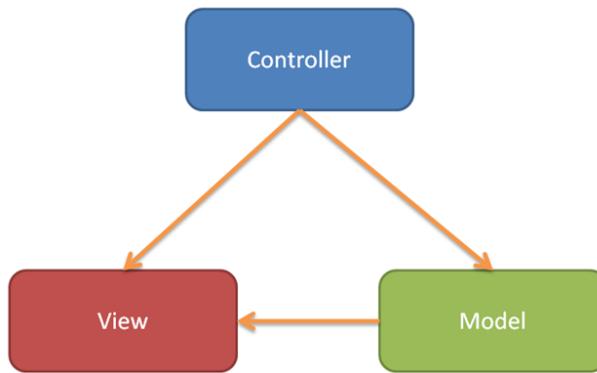


Figura 24 - Arquitetura MVC

No caso do projeto, a aplicação é estruturada de maneira que os componentes de cada parte da arquitetura possam ser separados de maneira lógica para padronizar a execução de uma funcionalidade. Assim, o caminho para executar um caso de uso, do ponto de vista da aplicação, é sempre o mesmo: a camada que realiza a interface com o usuário é a View, representada pelos arquivos JSP – *Java Server Page*, páginas dinâmicas que permitem entrada e saída de dados junto aos atores. Nessa camada é possível recolher dados inseridos pelos usuários e também apresentar dados processados aos mesmos. Esse processamento ocorre na camada Controller, onde é realizada toda a lógica de negócios da aplicação e é representada por classes Java. O Controller, geralmente, precisa realizar consultas e inserções no banco de dados para executar a lógica de negócios e retornar a saída para a View. Esse acesso ao banco não é realizado de maneira direta, mas por meio da camada Model, classes Java que recebem as instruções do Controller sobre que operações realizar no banco de dados. Dessa maneira, as três camadas trabalham de maneira integrada e flexível para executar os casos de uso, com uma divisão clara do escopo de cada uma. Para transporte e tratamento de dados entre essas camadas, são criadas classes para instanciar um objeto que representa o modelo de dados da entidade que se está tratando. Essas classes são chamadas de *Data Access Object*.

Em uma aplicação JSP, toda a lógica é executada no servidor, desde as classes Java do Controller e Model, até os arquivos JSP do View. O que o cliente recebe é uma página que já foi compilada no servidor e, do lado do navegador, é estática. O sistema web desenvolvido seguiu essa arquitetura, com um fluxo bem definido de requisição partindo dos arquivos JSP, invocando métodos dos Controladores e realizando operações de dados por meio dos métodos do Model.

### 4.3. Hardware

#### 4.3.1. Sistemas de Rastreabilidade

O sistema utilizado atualmente para se manter um controle de estoque das unidades de medicamentos baseia-se no código de barras. Uma das grandes desvantagens dessa tecnologia é a necessidade da proximidade de leitura entre o leitor e o código de barras impresso. Esse processo exige um funcionário para executar a leitura de cada medicamento, tomando parte de seu tempo operacional.

Com o uso da tecnologia RFID pode-se obter visibilidade do inventário e controle acurado em cada etapa do processo logístico. Essa tecnologia tem a capacidade de conectar um determinado objeto qualquer à rede, permitindo sua rastreabilidade. Como cada etiqueta dessa possui uma identificação única, e cada uma está associada à informações como o tipo de medicamento, destino, origem, data, hora, é possível obter um controle mais completo do sistema. Além disso é possível obter informação em tempo real quando uma *tag* passa por um leitor.

Entre as vantagens desse sistema podem ser citados os seguintes itens:

- Melhoria na rastreabilidade de itens de alto valor;
- Redução de erros em expedições dos itens;
- Visibilidade de inventário, acuracidade e eficiência em cada etapa;
- Melhoria no planejamento de estoque e inteligência para agendamento eficaz de requisições;
- Quanto maior o consumo de *tags*, menor seu custo;

Entretanto algumas dificuldades ainda são enfrentadas para o uso dessa tecnologia, como:

- Problemas técnicos, como a interferência do RFID no ambiente hospitalar, no caso de equipamentos médicos, por exemplo;
- A acuracidade desse sistema depende de vários fatores, como: o local onde a *tag* é colocada, o tipo de item em que ela é instalada, o ângulo de rotação dela, a distância dela ao leitor;
- Alto custo devido à aquisição inicial do *hardware* e do *software* além da necessidade de fornecer treinamento para quem irá operar esse sistema e os custos de manutenção dessa infra estrutura;

Levando-se em conta as dificuldades enfrentadas pelo HU atualmente para se manter um controle de estoque e rastreabilidade do medicamento, o uso da tecnologia

RFID é o mais indicado para oferecer um controle mais eficiente dos medicamentos, reduzindo os erros que se encontram nessa cadeia.

#### **4.3.2. Escolha do Hardware**

Para essa etapa a questão de custo foi um fator essencial na decisão de qual *hardware* utilizar para prova de conceito.

Para a finalidade de se intalar esse sistema no Hospital seria necessário utilizar a categoria UHF (*Ultra High Frequency*). Foi feito um estudo comparando as opções que existem atualmente no mercado e o custo de aquisição desse equipamento era inviável para ser utilizado para teste.

Foi então escolhido uma opção de baixo custo que possui funcionamento semelhante. O *hardware* escolhido para esse projeto foi o Arduino juntamente com o Shield PN532 que opera numa faixa de frequência HF (*High Frequency*).

No próximo item será descrito o funcionamento dessa tecnologia e também os tipos de dispositivos que existem e podem ser aplicados em soluções logísticas de rastreabilidade e controle de medicamentos.

## 5. Implementação do sistema

Para a implementação do sistema foi utilizado o ambiente de desenvolvimento *NetBeans IDE 8.2*. Neste capítulo são apresentados os principais aspectos relacionados à implementação da arquitetura, vistos no tópico 3.

### 5.1. Hardware e comunicação com banco de dados

Conforme foi descrito no item 3, para a comunicação com o banco de dados do sistema e posterior visualização no sistema web, foi escolhido o Arduíno como hardware a ser utilizado no projeto. O Arduíno recebe os dados do técnico responsável pelo transporte dos medicamentos e do cadastro dos medicamentos por meio do módulo leitor RFID, exibido na Figura 10. Os dados recebidos pelo *hardware* são tratados posteriormente por meio de um programa desenvolvido em Python. Esse programa é responsável por tratar os dados referentes ao cadastro de medicamentos e ao registro do percurso pelo qual o medicamento percorre à caminho de seu destino final. Além de tratar os dados, o programa realiza uma consulta ao banco de dados para não gerar dados duplicados e, posteriormente, atualiza os dados das tabelas caso necessário.

### 5.2. Sistema web e comunicação com banco de dados

O sistema web foi desenvolvido com o ambiente de desenvolvimento *NetBeans IDE 8.2*. Para a estrutura do sistema, foi utilizada a linguagem HTML com CSS. A parte estrutural contém também códigos em *Javascript* para a interação com o usuário.

Para a comunicação com o banco de dados, foi utilizada a linguagem Java, utilizando a arquitetura MVC, descrita no tópico 3.

### 5.3. Implementação da aplicação WEB

#### 5.3.1. Interfaces

Conforme foi descrito no item 5.2, foi desenvolvida uma interface web utilizando HTML, CSS e *Javascript*. Essa interface foi conectada ao sistema RFID e ao banco de dados. Tal interface foi desenvolvida para que esses dados pudessem ser visualizados e então gerar *insights* sobre qualquer problema ao longo do processo de rastreabilidade dos medicamentos. A Figura 25 mostra a tela inicial da tela desenvolvida.



Figura 25 - Página Inicial do Sistema

O sistema permite que o farmacêutico controle quais medicamentos estão no estoque, quais estão a caminho de seu destino e quais já foram entregues. Além disso, o farmacêutico pode saber qual técnico é responsável pela entrega de algum medicamento e qual ainda não foi entregue. No caso do técnico responsável pela entrega, o sistema permite que ele saiba quais medicamentos devem ser entregues e quais já foram entregues. A Figura 26 mostra a tela de acompanhamento de controle de estoque.

Categoria	Nome	Preço	Validade	Localização
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	Estoque
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	Estoque
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	1
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	2
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Lexapro 20mg	173,22	2018-01-03	Estoque

Figura 26 - Página de controle de estoque

## 6. Validação do projeto

Para a validação do projeto, foi realizada uma prova de conceito do sistema, simulando um processo desde o cadastro do medicamento até a entrega do mesmo ao ponto de destino.

### 6.1. Cadastro

Após a unitarização dos medicamentos que chegam até a farmácia hospitalar é realizada a etapa de cadastro dos mesmos. Primeiramente entra-se na aba de “Cadastro de Medicamentos”, preenche-se os campos em branco de acordo com o lote do medicamento que está sendo cadastrado. Todas as unidades desse lote possuirão as mesmas informações. O que irá diferir entre eles será o código EPC (*Electronic Product Cod*) que está presente na *chip* da etiqueta RFID. A Figura 27 mostra a tela de cadastro de medicamentos.

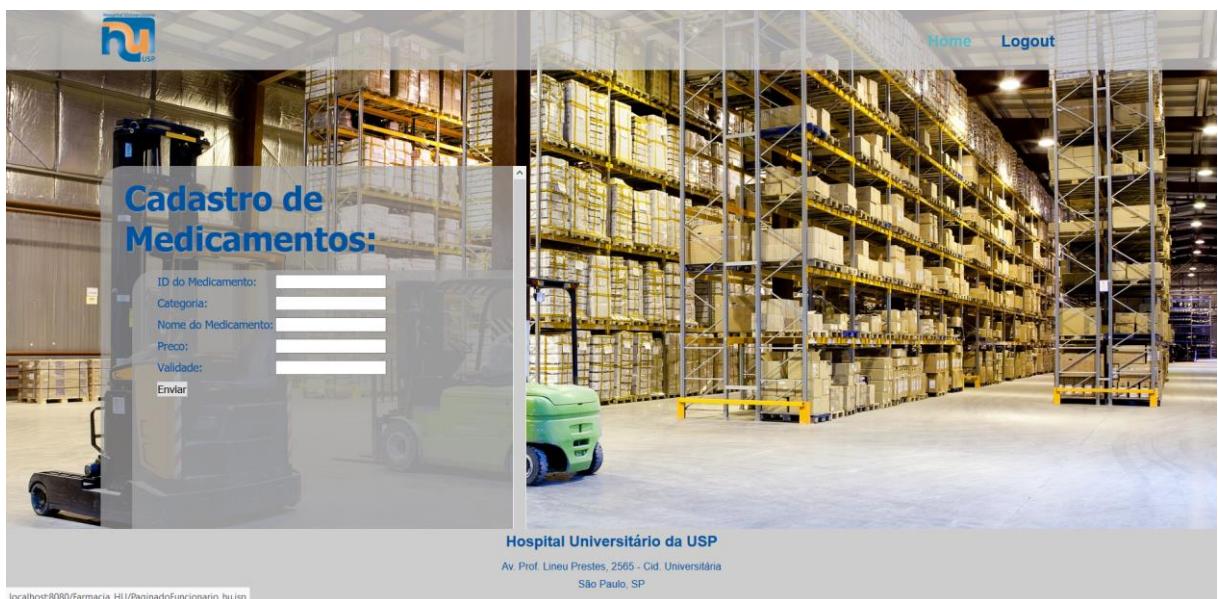


Figura 27 - Tela de Cadastro de Medicamentos

Para essa prova de conceito a etiqueta será substituída por cartões Mifare 4k (Figura 28) que possuem tecnologia RFID HF. Cada cartão irá representar um medicamento. Os chaveiros irão representar o funcionário responsável pelo transporte do medicamento da farmácia central até a farmácia de um setor do hospital. Neste caso, utilizamos apenas dois leitores, simulando dois pontos quaisquer do deslocamento desse medicamento, simplificando o processo a fim de realizar uma prova de conceito da solução proposta.



Figura 28 - Tags e cartão RFID Mifare HF

## 6.2. Utilização do Hardware

Para o Arduíno foi desenvolvido um programa em código em C++ que identifica no cartão qual é o seu código EPC e exporta essa informação juntamente com qual leitor está sendo utilizado para a serial. Foi criado um protocolo de comunicação para se passar essas duas informações.

Exemplo:

Mensagem passada via serial do arduino: "t1675306196c1"

Onde "t" identifica onde começa o código da tag id.

"1675306196" representa a tagid.

"c" identifica onde começa a informação de qual leitor foi detectado (*checkpoint*).

"1" identifica o leitor utilizado.

Para a próxima etapa, foi desenvolvido também um programa utilizando a linguagem Python, que recebe essa informação via serial e a interpreta. Juntamente com a criação das variáveis *tagid* e *checkpoint*, o programa tem a finalidade de salvar a informação da data e hora da leitura. Esses dados são importados do próprio sistema do computador. Após a aquisição desses dados, eles são gravadas no banco de dados. Foi usado um conector entre Python e MySQL e essas informações passam a ser gravadas na tabela de "pontos\_checagem". A Figura 29 mostra a montagem do sistema acoplada ao computador via serial.



Figura 29 - Hardware Arduíno com Shield RFID PN532

### 6.3. Acompanhamento Geral

Nessa etapa é possível obter informações sobre todos os medicamentos. Como mostrado na Figura 30, a aba de opções está dividida em filtros para facilitar o rastreamento de um determinado medicamento, e posteriormente, obter seus dados. É possível obter informações e agrupá-las por meio das seguintes categorias:

- Categoria do medicamento;
- Nome do medicamento;
- Custo;
- Validade;
- Localização.

Utilizando-se dos filtros, é possível categorizar os resultados nos seguintes itens:

- Quantidade de medicamentos por categoria;
- Quantidade de medicamentos por nome;
- Quantidade de medicamentos por localização.

Também é possível refinar a pesquisa de itens baseados nos seguintes filtros:

- Busca por ID do medicamento;

- Busca por localização;
- Busca por nome.

**Todos os Medicamentos**

Categoría	Nome	Preço	Validade	Localizacão
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	Estoque
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	Estoque
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	1
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	1
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	Estoque
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	2
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Lexapro 20mg	173,22	2018-01-03	Estoque

**Hospital Universitário da USP**  
Av. Prof. Lineu Prestes, 2565 - Cid. Universitária  
São Paulo, SP

Figura 30 - Tela de Acompanhamento Geral

#### 6.4. Minhas Entregas

Finalmente chega-se a tela onde podem ser gerados relatórios a respeito das entregas, Figura 31. Nessa etapa é possível acessar o histórico de todas as entregas gravadas pelo sistema e também saber quais entregas encontram-se pendentes, para cada funcionário responsável por elas.

**Minhas Entregas Pendentes**  
Meu Histórico de Entregas

**Todos os Medicamentos**

Categoría	Nome	Preço	Validade	Localizacão
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	Estoque
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	Estoque
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	1
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	1
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	Estoque
psicotrópico	Codein 30mg - 30 comprimidos	154,49	2018-02-01	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	2
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Gabapentina 300mg - 30 cápsulas	351,48	2018-01-05	Estoque
psicotrópico	Lexapro 20mg	173,22	2018-01-03	Estoque

**Hospital Universitário da USP**  
Av. Prof. Lineu Prestes, 2565 - Cid. Universitária  
São Paulo, SP

Figura 31 - Tela Minhas Entregas

## 7. Conclusões

O sistema atual de controle e estocagem de medicamentos utilizado em muitos hospitais, como o Hospital Universitário da USP, é realizado efetuando-se a unitarização dos medicamentos e utilizando código de barras para o seu controle. Especificamente, medicamentos controlados e psicotrópicos, que possuem um controle mais rígido, a rastreabilidade se restringe apenas até o momento em que esses são dispensados da farmácia principal. Após essa etapa não é possível identificar se o medicamento chegou ao seu destino final.

Baseado nesse fato, este trabalho teve como objetivo o projeto e implementação de um sistema voltado para o rastreamento dos medicamentos da farmácia hospitalar do hospital universitário da USP por meio da tecnologia RFID. Tal tecnologia é utilizada para o armazenamento de informações por meio de um banco de dados e sua posterior análise pelo usuário.

O projeto do sistema foi feito utilizando diagramas UML que possibilitaram determinar a interação do sistema com o usuário e a estrutura do *software*. O processo de rastreamento utilizando leitores RFID foi simplificado devido ao alto custo de obtenção desses leitores. Para que o projeto possa ser implementado de fato em uma farmácia hospitalar, seria necessária uma pesquisa de leitores comerciais com antenas de alta potência, a integração do sistema de rede interno ao sistema desenvolvido e o posterior treinamento da equipe para a utilização desse sistema.

O projeto foi uma prova de conceito com o intuito de mostrar que é possível realizar o rastreamento e controle de medicamentos produzindo um impacto positivo no processo de dispensação de uma farmácia hospitalar, reduzindo custos e erros ao longo do processo. A partir dos resultados obtidos e descritos neste relatório, conclui-se que o projeto é viável e facilitaria o processo de dispensação de medicamentos, impactando positivamente não só os funcionários da farmácia hospitalar, mas também os pacientes atendidos pelo serviço.

### 7.1. Sugestões para o aperfeiçoamento do projeto

Uma das possíveis ações que podem ser tomadas em projetos futuros seria a validação do funcionamento deste trabalho pela equipe de dispensação do HU-USP.

Além disso, o aumento do número de sensores também pode auxiliar o aperfeiçoamento do projeto, fornecendo maior cobertura de rastreamento. Com a maior cobertura desse rastreamento, pode ser incluído também o processo de entrega

do medicamento até o paciente. Assim, seria possível obter uma redução na aplicação de doses e medicamentos errados.

Também seria possível implementar o sistema de rastreabilidade pra equipamentos e máquinas presentes no hospital, reduzindo os custos de controle e de manutenção dos mesmos.

## Referências Bibliográficas

- Adafruit. (2017). *RFID CONTROLLER SHIELD FOR ARDUINO + EXTRAS*. Fonte: Adafruit: <https://www.adafruit.com/product/789>
- Araujo, F. J., & Costa, C. L. (2012). APLICAÇÃO DA AUTONOMAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE OTIMIZAÇÃO DE UMA FARMÁCIA PERIFÉRICA: ESTUDO DE CASO EM UM HOSPITAL DE GRANDE PORTE. *Revista de Gestão em Sistemas de Saúde - RGSS*. São Paulo, SP, Brasil: UNISINOS.
- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. EUA: RFID Journal.
- Badamasi, Y. A. (2014). The Working Principle Of An Arduino. Abuja, Nigeria: Nigerian Turkish Nile University.
- Bertani, T. M. (2012). Lean Healthcare: Recomendações para Implantações dos Conceitos de Produção Enxuta em Ambientes Hospitalares. São Carlos , SP, Brasil: Escola de Engenharia de São Carlos.
- Cardoso, C. (2013). ANÁLISE DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM FARMÁCIA HOSPITALAR PARA AUTOMAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM DOIS HOSPITAIS DO DISTRITO FEDERAL, BRASIL. *DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA*. Brasília: UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.
- Careta, C. B., Barbosa, D. H., & Musetti, M. A. (2011). LOGÍSTICA HOSPITALAR: PROPOSTA E MODELAGEM DE ATIVIDADES DO PROCESSO DE ATENDIMENTO AMBULATORIAL. *Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no.* Belo Horizonte, MG, Brasil: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO.
- Carvalho, A. P. (2014). Aplicação de FMEA em Dispensação de Medicamentos em Hospital Escola: Estudo de Caso. *Trabalho de Conclusão do Curso de Farmácia-Bioquímica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo*. São Paulo, SP, Brasil: FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS - USP.
- Ernawati, D., Kurnianingsih,, Anif, M., Helmy, Putra, A. S., & Prabuwono, A. S. (2015). HoMeTrack: RFID-based Localization for Hospital Medicine Tracking System. *Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering*

- (*ICITACEE*). Semarang, Indonesia: Dept. of Electrical Engineering - Politeknik Negeri Semarang.
- FILIPEFLOP. (2017). *QUAL ARDUINO COMPRAR? CONHEÇA OS TIPOS DE ARDUINO*. Fonte: Filipe Flop: <http://blog.filipeflop.com/arduino/tipos-de-arduino-qual-comprar.html>
- Insider, R. (2017). *RFID Insider Road Map*. Fonte: RFID INSIDER: <http://blog.atlasrfidstore.com/learn-rfid/>
- Ishabakaki, P., & Kaijage, S. (2015). RFID-based Drug Management and Monitoring System, Case of Public Hospitals in Tanzania, A Review Paper. Arusha, Tanzania: Department of Communication Science and Engineering.
- Johnson, S. J. (2011). *RFID in Pharmacy Inventory Management*. Chicago, ILL, Estados Unidos: RFID Journal.
- Mathew, J., John, J., & Kumar, D. (2013). *New Trends in Healthcare Supply chain*.
- Miyagi, M. M., Miyagi, P. E., & Kisil, M. (2002). *Modelagem e Análise de Serviços de Saúde Baseados em Redes de Petri Interpretadas*. São Paulo, SP, Brasil: Revista Produção.
- Monahan, T., & Fisher, J. A. (2007). *Tracking the social dimensions of RFID systems in hospitals*. *Justice & Social Inquiry*. Tempe, EUA: Arizona State University.
- Nassar, V., & Vieira, M. L. (2014). *A aplicação de RFID na logística: um estudo de caso do Sistema de Infraestrutura e Monitoramento de Cargas do Estado de Santa Catarina*. *The application of RFID in logistics: a case study of Infrastructure and Monitoring System of Loads in the State of Santa Catarina*. Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil: Centro de Comunicação e Expressão – CCE,.
- ORSINI, L. (2017). *Arduino Vs. Raspberry Pi: Which Is The Right DIY Platform For You?* *ReadWrite*, 2014. Fonte: Read Write: <http://readwrite.com/2014/05/07/arduino-vs-raspberry-pi-projects-diy-platform>
- Romero, A., & Lefebvre, E. (2013). *Gaining Deeper Insights into RFID Adoption in Hospital Pharmacies*. *World Journal of Social Sciences*.
- SOUSA, D. (2017). *Arduino ou Raspberry Pi? Saiba qual micro PC é melhor para seu projeto*. *Techtudo*, 2015. Fonte: Techtudo: <http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2015/04/arduino-ou-raspberry-pi-saiba-qual-micro-pc-e-melhor-para-seu-projeto.html>

- Uthayakumar,, R., & Priyan, S. (2013). Pharmaceutical supply chain and inventory management strategies: Optimization for a pharmaceutical company and a hospital. *Operations Research for Health Care*. Tamil Nadu, India: The Gandhigram Rural Institute.
- Vanany, I., & Shaharoun, A. B. (2008). Barriers and Critical Success Factors towards RFID Technology Adoption in South-East Asian Healthcare Industry. *Proceedings of The 9th Asia Pasific Industrial Engineering & Management Systems Conference*. MALAYSIA.
- Wanga, S. W., Chenb, W. H., Ong, C. S., Liu, L., & Chuang, Y. W. (2006). RFID applications in hospitals: a case study on a demonstration RFID project in a Taiwan hospital. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Weis, S. A. (2007). RFID (Radio Frequency Identification): Principles and Applications. MIT CSAIL.
- Yu, M. C. (2011). Multi-criteria ABC analysis using artificial intelligence- based classification techniques. *Expert Systems with Applications*. ResearchGate.
- Zhou, Z. (2012). RFID Usage for Monitoring Drug Dispensing in Hospitals. *A thesis submitted to Auckland University of Technology in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Computer and Information Science (MCIS)*. Auckland, Nova Zelândia: School of Computer and Mathematical Science.