



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação

RAFAEL MARINHO FARIAS

**SISTEMA DE CONTROLE E RASTREABILIDADE DE CAIXAS E
INSTRUMENTOS CIRÚRGICOS EM CENTRAIS DE MATERIAL E
ESTERILIZAÇÃO**

CAMPINAS
2019

RAFAEL MARINHO FARIAS

**SISTEMA DE CONTROLE E RASTREABILIDADE DE CAIXAS E
INSTRUMENTOS CIRÚRGICOS EM CENTRAIS DE MATERIAL E
ESTERILIZAÇÃO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, na área de Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Tavares Costa

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Ubaldo Vieira Junior

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO
FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO
ALUNO RAFAEL MARINHO FARIAS E
ORIENTADO PELO PROF. DR. EDUARDO
TAVARES COSTA

CAMPINAS

2019

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES; CNPq, 468265/2014-7

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5393-6385>

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Elizangela Aparecida dos Santos Souza - CRB 8/8098

F225s Farias, Rafael Marinho, 1990-
Sistema de controle e rastreabilidade de caixas e instrumentos cirúrgicos em centrais de material e esterilização / Rafael Marinho Farias. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Eduardo Tavares Costa.

Coorientador: Francisco Ubaldo Vieira Junior.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Rastreabilidade. 2. Esterilização. 3. RFID. 4. Instrumentos e aparelhos cirúrgicos. I. Costa, Eduardo Tavares, 1956-. II. Vieira Junior, Francisco Ubaldo. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: System of control and traceability of surgical boxes and instruments in sterilized material center

Palavras-chave em inglês:

Traceability

Sterilization

RFID

Surgical instruments and apparatus

Área de concentração: Engenharia Biomédica

Títuloção: Mestre em Engenharia Elétrica

Banca examinadora:

Eduardo Tavares Costa [Orientador]

Maurício Wesley Perroud Junior

Ricardo Fialho Colares

Data de defesa: 15-02-2019

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Elétrica

COMISSÃO JULGADORA - DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Candidato: Rafael Marinho Farias RA: 160916

Data da Defesa: 15 de Fevereiro de 2019

Título da Dissertação: “Sistema de Controle e Rastreabilidade de Caixas e Instrumentos Cirúrgicos em Centrais de Material e Esterilização”.

Prof. Dr. Eduardo Tavares Costa (Presidente)

Prof. Dr. Maurício Wesley Perroud Junior

Prof. Dr. Ricardo Fialho Colares

A ata de defesa, com as respectivas assinaturas dos membros da Comissão Julgadora, encontra-se no SIGA (Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese) e na Secretaria de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

À Deus e Nossa Senhora,

por estar vivo todos os dias, com saúde e força para suportar todas as adversidades.

Aos meus pais e toda minha família,

por sempre me apoiarem, aconselharem e amarem, me dando confiança e motivação incondicional.

À minha namorada,

pela paciência nos momentos difíceis e apoio nos mais difíceis ainda.

À toda a equipe do Hospital Estadual Sumaré Dr. Leandro Francheschini,

pelo apoio técnico, disponibilidade e paciência durante toda esta jornada.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio:

- ✧ Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001;
- ✧ Conselho Nacional de Desenvolvimento Científica e Tecnológico (CNPq) - Bolsas e aporte financeiro do projeto sob o protocolo n. 468265/2014-7;

RESUMO

De acordo com a RDC/ANVISA nº 15, de 15 de março de 2012, são obrigatórios o controle e o monitoramento manual ou automatizado das etapas de limpeza, desinfecção e/ou esterilização de material cirúrgico. Esta dissertação apresenta um projeto que, através da implementação de um sistema automatizado para rastreabilidade de materiais cirúrgicos, objetiva a melhoria dos processos realizados em Centrais de Materiais e Esterilização (CME). O projeto contou com a parceria de um hospital da rede pública (HES – Hospital Estadual de Sumaré “Dr. Leandro Francheschini”) aonde foram realizados: o mapeamento do processo atual de trabalho; o levantamento da infraestrutura tecnológica existente; a identificação de pontos críticos; e a descrição de novos processos utilizando novas tecnologias. Selecionamos as seguintes tecnologias para o desenvolvimento da solução: Identificação por Rádio Frequência (*Radio Frequency IDentification*) para identificação das caixas cirúrgicas e marcação de códigos *DataMatrix* para os instrumentos cirúrgicos. Optou-se pela utilização do ambiente de trabalho Ruby on Rails em Linux e as linguagens de desenvolvimento WEB: HTML, JavaScript e CSS para o desenvolvimento do software. O software é executado a partir de um servidor e acessado via navegador na WEB, sendo possível sua utilização em diversas plataformas, como computador pessoal, *smartphones* ou *tablets*. Com a utilização destas tecnologias, foi desenvolvido um sistema composto de *hardware* e *software* para a rastreabilidade e controle de instrumentos cirúrgicos para CMEs. As principais contribuições do autor foram divididas em três capítulos que versão sobre o mapeamento do ambiente, as tecnologias do sistema e o desenvolvimento do software. Dentro destes três capítulos o leitor encontrará a metodologia, resultados e discussão de cada um dos assuntos desta dissertação. Como discussões e considerações deste trabalho foram expostas as dificuldades de implementação do sistema, comparação com sistemas nacionais e internacionais de rastreabilidade de instrumentos cirúrgicos. O projeto descrito neste documento apresenta semelhanças com sistemas internacionais e no âmbito nacional, não foram encontrados sistemas com o mesmo nível de rastreabilidade. Os objetivos propostos foram alcançados e o resultado foi um sistema completo de rastreabilidade de instrumentos cirúrgicos, com todos os componentes mapeados e software de assistência aos processos de CMEs.

Palavras-chave: Rastreabilidade; Central de Materiais; RFID; Instrumentos Cirúrgicos.

ABSTRACT

According to RDC / ANVISA no. 15, dated March 15, 2012, manual and automated control and monitoring of the cleaning, disinfecting and/or sterilization stages of surgical material are mandatory. This dissertation presents a project that, through the implementation of an automated system for the traceability of surgical materials, aims to improve the processes performed by Materials and Sterilization Centers (CME). The project had the partnership of a public hospital (HES - Sumaré State Hospital "Dr. Leandro Francheschini") where they were performed: mapping of current work process; survey of existing technological infrastructure; identification of critical points; and description of new processes using new technologies. We selected the following technologies for development of the solution: Radio Frequency IDentification (RFID) for identification of surgical boxes and marking of DataMatrix codes for surgical instruments. We chose the Ruby on Rails with Linux as working environment and the WEB development languages are: HTML, JavaScript and CSS. The software is executed from a server and accessed through a web browser, being possible to use it in several platforms, such as personal computer, smartphones or tablets. With these technologies, a system composed of hardware and software was developed for traceability and control of surgical instruments for CMEs. The main contributions of author were divided into three chapters that present on mapping of environment, system technologies and software development. The reader will find in these three chapters the methodology, results and discussion of each subjects of this dissertation. As discussions and considerations were the difficulties of implementation of system, comparison with national and international systems of traceability of surgical instruments. The project described in this document has similarities with international systems and at the national level, no systems with the same level of traceability were found. The proposed objectives were achieved and the result was a complete traceability system for surgical instruments with all mapped components and CME process assistance software.

Keywords: *Traceability; Material Center; RFID; Surgical instruments.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Separação de Áreas da CME (Fonte: Autor).....	25
Figura 2 : Fluxograma Base de uma CME (Fonte: Autor).....	25
Figura 3 : Expurgo - Área de limpeza na janela e termodesinfectoras, que separam a área de limpeza e a de secagem (Fonte: Autor).....	26
Figura 4 : Área de Preparo e Montagem, mesas de trabalho para preparo e montagem das caixas cirúrgicas (Fonte: Autor).....	27
Figura 5 : Esterilização - Área de Autoclaves, autoclave de barreira (Fonte: Autor).....	28
Figura 6 : Arsenal – Área de Armazenagem de material já esterilizado. Ao fundo se vê o armário branco para estocagem de material que é mantido fechado. Outros materiais ficam visíveis nas prateleiras (Fonte: autor).....	29
Figura 7 : Códigos de Barras 1D (A) e 2D (B) (Fonte: https://www.hardstand.com.br/blog/o-que-e-um-codigo-2d/).....	31
Figura 8 : Unidade matricial de um símbolo <i>DataMatrix</i> (Fonte: Autor).....	33
Figura 9 : Palavras representadas por 8-bits em um arranjo de código <i>DataMatrix</i> (Fonte: https://www.gs1hr.org/.protect/file/20180105-fa51ead0/gs1_datamatrix_guideline_a3fdedbb693d2f5d2e29.pdf).....	35
Figura 10 : Bits substituídos por seus valores de acordo com a Figura 9 e Tabela 2 (Fonte: https://www.gs1hr.org/.protect/file/20180105-fa51ead0/gs1_datamatrix_guideline_a3fdedbb693d2f5d2e29.pdf).....	35
Figura 11 : Bits representados como '1' por preto e '0' por branco, sem as bordas de localização (Fonte: https://www.gs1hr.org/.protect/file/20180105-fa51ead0/gs1_datamatrix_guideline_a3fdedbb693d2f5d2e29.pdf).....	36
Figura 12 : Código <i>DataMatrix</i> completo, com os bits representados e as bordas de localização presentes (Fonte: https://www.gs1hr.org/.protect/file/20180105-fa51ead0/gs1_datamatrix_guideline_a3fdedbb693d2f5d2e29.pdf).....	36
Figura 13 : Componentes de uma impressora térmica (Modificado de: http://blog.3ltec.com.br/qual-melhor-metodo-para-impressao-de-etiquetas-transferencia-termica-ou-termica-direta/).....	38

Figura 14 : Componentes de uma impressora a jato de tinta (Modificado de: http://www.dp3project.org/technologies/digital-printing/inkjet).....	38
Figura 15 : Instrumento cirúrgico marcado à laser com código <i>DataMatrix</i> (Fonte: Autor).....	39
Figura 16 : Marcação por punção (Fonte: https://www.gs1hr.org/protect/file/20180105-fa51ead0/gs1_datamatrix_guideline_a3fdedbb693d2f5d2e29.pdf).....	40
Figura 17 : Comunicação por ondas de rádio (Fonte: Autor).....	43
Figura 18 : Cartão e leitor RFID, sistema indutivamente acoplado de curtíssimo alcance (Fonte: https://www.rfid.ind.br/cartao-rfid).....	45
Figura 19 : Relação de Frequências e Acoplamentos RFID (Fonte: Autor).....	45
Figura 20 : Diagrama dos Componentes de uma Etiqueta RFID (Fonte: Autor).....	46
Figura 21 : Função de Leitura de Etiqueta. Os passos A e D ocorrem com a interligação entre microcomputador e leitor via USB ou Ethernet. Os passos B e C ocorrem via sinal de RF (antena) entre leitor e etiqueta (Fonte: Autor).....	47
Figura 22 : Modelos Raspberry Pi (Fonte: www.raspberrypi.org acesso em 28/08/2018).....	49
Figura 23 : Etapas de Desenvolvimento de Software (Fonte: Autor).....	51
Figura 24 : Processo geral de esterilização de materiais na CME.....	60
Figura 25 : Procedimento de recebimento e coleta de material.....	61
Figura 26 : Procedimento de secagem.....	62
Figura 27 : Procedimento de esterilização.....	63
Figura 28 : Procedimento de saída de caixas do arsenal.....	64
Figura 29 : Procedimento de entrada de material no arsenal.....	65
Figura 30 : Procedimento de manutenção de instrumental.....	66
Figura 31 : Procedimento de limpeza avulsa.....	67
Figura 32 : Novo diagrama de infraestrutura da CME (Fonte: Autor).....	69
Figura 33 : Formato da informação que é codificada em <i>DataMatrix</i> para gravação nas peças (Fonte: Autor).....	73
Figura 34 : Exemplos de código <i>DataMatrix</i> marcado em instrumentos cirúrgicos (Fonte: Autor).....	74
Figura 35 : Leitor <i>DataMatrix</i> DPM da fabricante Code® Corporation (Fonte: http://www.codecorp.com).....	74
Figura 36 : Leitor RFID da fabricante Shenzhen Hopeland Technologies CO. (Fonte: https://pt.hopelandrfid.com/).....	76

Figura 37 : Antena RFID 7,5 dBi, UHF, mono-circular (Fonte: http://www.acura.com.br/pt/produtos/antena/item/antena-monoestatica-125-dbi-4).....	76
Figura 38 : Diagrama de irradiação da antena de 7,5 dBi RFID UHF (Fonte: http://www.acura.com.br/pt/produtos/antena/item/antena-monoestatica-125-dbi-4).....	77
Figura 39 : Representação do teste do leitor RFID, onde a Tag (etiqueta eletrônica) foi aproximada e afastada do leitor para identificar os limites de leitura (Fonte: Autor).....	77
Figura 40 : Arestas que tiveram suas medidas coletadas (Fonte: Autor).....	78
Figura 41 : Etiquetas eletrônicas testadas, na esquerda a do fabricante A e na direita a do fabricante B.....	79
Figura 42 : Fotos das etiquetas eletrônicas do fabricante A após o último ciclo de esterilização, com destaque para: em vermelho, rachaduras e material interno à mostra; em amarelo, a formação de bolhas (Fonte: Autor).....	80
Figura 43 : Fotos das etiquetas eletrônicas do fabricante B após o último ciclo de esterilização, com destaque para: em vermelho, as rachaduras (Fonte: Autor).....	81
Figura 44 : Vista de cima dos pontos de leitura em relação à antena (Fonte: Autor).....	82
Figura 45 : Carro com etiquetas eletrônicas coladas nas caixas e posicionadas aleatoriamente (Fonte: Autor).....	89
Figura 46 : Superior: Pontos de medição, onde o carrinho foi posicionado, em relação à antena e a Rosa dos Ventos. Inferior: direções em que o carrinho foi posicionado (Fonte: Autor).....	90
Figura 47 : A - Escolha do ponto de partida; B – Ponto recuado 50 cm de A na direção escolhida; C – Ponto final do movimento (de B para C) sendo então realizada a leitura durante o movimento do carrinho por 1 metro.....	93
Figura 48 : Gráfico de leituras em movimento. Eixo X: Direções. Eixo Y: Quantidade de leituras. Linha preta indica o limite de pelo menos 5 leituras.....	94
Figura 49 : Monitor, modelo E1670Sw AOC, 15,6 polegadas (Fonte: http://www.aocmonitorap.com/ph/product_display.php?id=527).....	96
Figura 50 : Raspberry Pi 3 modelo B (Fonte: https://www.raspberrypi.org/products/raspberrypi-3-model-b/).....	96
Figura 51 : Leitor RFID portátil, USB (Fonte: Autor).....	97
Figura 52 : Leitor <i>DataMatrix</i> USB (Fonte: http://www.codecorp.com/products.php?id=184)....	97
Figura 53 : Banco de dados esquematizado 1 - Tabelas de processos e usuários.....	101

Figura 54 : Banco de dados esquematizado 2 - Tabelas de produtos e classificação.....	102
Figura 55 : Fluxograma geral da aplicação WEB. A numeração nos círculos refere-se às Telas comentadas no texto e apresentadas no Apêndice C.....	104
Figura 56 : Arquitetura do Sistema (Fonte: Autor).....	107
Figura 57 : Exemplo de classificação de produtos preenchida no software (Fonte: Autor).....	109
Figura 58 : Exemplo de lista de produtos já cadastrados no software, com Nome, Código <i>DataMatrix</i> , Status e Local (Fonte: Autor).....	109
Figura 59 : Lista exemplo de produtos caixas (kits), com ID, NOME, CLASS4_JSON (Protocolo JSON de produtos cadastrado) e data de criação (Fonte: Autor).....	110
Figura 60 : Níveis de hierarquia na rastreabilidade de instrumentos cirúrgicos (Fonte: Autor)..	113
Figura 61 : Tela de cadastro de caixas do sistema vigente na CME do HES (Fonte: Autor).....	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Código de palavras do <i>DataMatrix</i>	33
Tabela 2 : Palavras codificadas para montagem do símbolo <i>DataMatrix</i>	34
Tabela 3 : Medidas das arestas sem qualquer processamento de esterilização em autoclave.....	79
Tabela 4 : Medidas das arestas depois do processamento de esterilização em autoclave.....	80
Tabela 5 : Distância (em mm) entre a antena e os pontos de leitura utilizando as etiquetas do fabricante A.....	83
Tabela 6 : Distância (em mm) entre a antena e os pontos de leitura utilizando as etiquetas do fabricante B.....	84
Tabela 7 : Níveis de sinal obtidos com o Leitor de RFID com as etiquetas do Fabricante A, nas distâncias descritas na Tabela 5, após diferente número de ciclos de esterilização.....	86
Tabela 8 : Níveis de sinal obtidos com o Leitor de RFID com as etiquetas do Fabricante B, nas distâncias descritas na Tabela 6, após diferente número de ciclos de esterilização.....	87
Tabela 9 : Resultado das medições do teste de conjunto com as etiquetas do fabricante A.....	91
Tabela 10 : Resultado das medições do teste de conjunto com as etiquetas do fabricante B.....	92
Tabela 11 : Quantidade de leituras realizadas de cada etiqueta para cada direção durante o movimento.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Alternating Current - Corrente Alternada
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASCII	American Standard Code for Information Interchange - Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação
BLE	Bluetooth Low Energy
CCD	Charge-Coupled Device
CI	Circuito Integrado
CME	Central de Material e Esterilização
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor
DC	Direct Current - Corrente Direta
EAS	Electronic Article Surveillance
ECC	Error Correction Code
EPC	Electronic Product Code - Código Eletrônico de Produto
ERP	Enterprise Resource Planning
GHz	Giga Hertz
HES	Hospital Estadual Sumaré Dr. Leandro Francheschini
IFF	Identify Friend or Foe
LF	Low Frequency
MHz	Mega Hertz
MIT	Massachusetts Institute of Technology
RADAR	Radio Detection And Ranging
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RFID	Radio Frequency IDentification - Identificação por Radiofrequência
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SMS	Spunbond, Meltblown, Spunbond - Embalagem de produtos hospitalares
UHF	Ultra High Frequency

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	19
1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
2 OBJETIVOS.....	22
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
3.1 CENTRAL DE MATERIAIS E ESTERILIZAÇÃO.....	23
3.1.1 Definição Legal.....	23
3.1.2 Classificação das Centrais de Materiais.....	23
3.1.3 Fluxo de Materiais e Estrutura Física.....	24
3.1.3.1 Recepção e Limpeza.....	26
3.1.3.2 Preparo e Montagem.....	27
3.1.3.3 Esterilização.....	28
3.1.3.4 Armazenagem e Distribuição.....	29
3.1.3.5 Administração.....	30
3.1.4 Rastreabilidade de Produtos de Saúde.....	30
3.2 HARDWARE.....	30
3.2.1 Códigos de Barras.....	30
3.2.1.1 Tipos de Códigos de Barras.....	31
3.2.1.2 Tecnologia <i>DataMatrix</i>	31
3.2.1.2.1 <i>Construindo um símbolo DataMatrix</i>	32
3.2.1.3 Princípios Físicos da Leitura <i>DataMatrix</i>	36
3.2.1.4 Tecnologias de Marcação de Símbolo.....	37
3.2.1.4.1 <i>Transferência Térmica</i>	37
3.2.1.4.2 <i>Impressão com Jato de Tinta</i>	38
3.2.1.4.3 <i>Gravação a Laser</i>	39
3.2.1.4.4 <i>Marcação por Punção</i>	39
3.2.2 Identificações por Radiofrequência (RFID).....	40
3.2.2.1 Histórico da Tecnologia RFID.....	40
3.2.2.2 Princípios Físicos do <i>RFID</i>	42
3.2.2.3 Frequência, Alcance e Acoplamento.....	44
3.2.2.4 Componentes de um Sistema <i>RFID</i>	46
3.2.2.4.1 <i>Etiquetas</i>	46
3.2.2.4.2 <i>Leitor</i>	47
3.2.3 Sistema Computacional.....	48
3.2.3.1 Computadores de Placa Única.....	48

3.2.3.1.1 <i>Raspberry Pi</i>	49
3.3 <i>SOFTWARE DE GERENCIAMENTO</i>	50
3.3.1 <i>Projeto de Software</i>	50
3.3.1.1 Análise do Negócio.....	51
3.3.1.2 Análise do Sistema e Arquitetura.....	52
3.3.1.3 Projeto Lógico.....	52
3.3.1.4 Codificação.....	53
3.3.1.5 Testes.....	53
4 MAPEAMENTO DO AMBIENTE	55
4.1 METODOLOGIA.....	55
4.2 RESULTADO I: AMBIENTE MAPEADO.....	55
4.2.1 Processos Gerais	57
4.2.2 Sistemas em Operação	57
4.2.3 Processo atual	59
4.3 RESULTADO II: NOVO PROCESSO.....	67
4.4 CONCLUSÃO.....	70
5 TECNOLOGIAS DO SISTEMA	71
5.1 METODOLOGIA.....	71
5.1.1 Definições de Hardware	71
5.1.1.1 <i>DataMatrix</i>	72
5.1.1.1.1 <i>Metodologia</i>	72
5.1.1.1.2 <i>Resultados</i>	73
5.1.1.2 RFID.....	74

5.1.1.2.1 Metodologia: Leitor RFID.....	75
5.1.1.2.2 Resultado: Leitor RFID.....	75
5.1.1.2.3 Conclusão: Leitor RFID.....	77
5.1.1.2.4 Metodologia I dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada...	78
5.1.1.2.5 Resultado I dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada.....	79
5.1.1.2.6 Metodologia II.1 dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada	81
5.1.1.2.7 Resultado II.1 dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada...	82
5.1.1.2.8 Conclusão II.1 dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada..	84
5.1.1.2.9 Metodologia II.2 dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada	85
5.1.1.2.10 Resultado II.2 dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada.	85
5.1.1.2.11 Conclusão II.2 dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada	88
5.1.1.2.12 Metodologia I de Testes com Etiquetas RFID: Performance de conjunto	88
5.1.1.2.13 Resultado de Testes com Etiquetas RFID: Performance de conjunto...	90
5.1.1.2.14 Metodologia II de Testes com Etiquetas RFID: Performance de conjunto.....	92
5.1.1.2.15 Resultado II de Testes com Etiquetas RFID: Performance de conjunto	93
5.1.1.3 Estação de Trabalho.....	94
5.1.1.3.1 Metodologia.....	94
5.1.1.3.2 Resultado.....	95
6 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE.....	98
6.1 COLETA DE REQUISITOS.....	98
6.1.1 Metodologia.....	98
6.1.2 Resultado.....	98
6.2 DESENVOLVIMENTO DO BANCO DE DADOS.....	99
6.2.1 Metodologia.....	99
6.2.2 Resultado.....	100
6.3 FLUXOGRAMAS DA APLICAÇÃO WEB.....	102
6.4 CODIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO.....	104
6.4.1 Back-end.....	105
6.4.2 Front-end.....	105
6.5 TESTES DA APLICAÇÃO.....	106
6.6 TESTES DO SISTEMA.....	106
6.6.1 Implantação do Piloto.....	106
6.6.2 Procedimento de teste do Lote Piloto.....	108
7 DISCUSSÃO.....	111
7.1 DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO.....	111
7.1.1 Escalabilidade.....	111
7.2 DIFICULDADES DE IMPLANTAÇÃO.....	112
7.3 COMPARAÇÃO COM SISTEMAS DE TERCEIROS.....	112

7.3.1 Sistema Vigente da CME do HES.....	114
7.3.2 Mercado Nacional.....	114
7.3.3 Mercado Internacional.....	115
7.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	115
8 CONCLUSÃO.....	117
8.1 ARTIGOS PUBLICADOS.....	117
8.2 TRABALHOS FUTUROS.....	118
8.3 FINANCIAMENTOS.....	118
9 REFERÊNCIAS.....	119
APÊNDICES.....	123
APÊNDICE A – RESULTADO DOS TESTES DA ETIQUETA A.....	124
.....	125
APÊNDICE B – MANUAIS DE USUÁRIO PARA OS MÓDULOS DE CADASTRO.....	126
APÊNDICE C – TELAS DO SOFTWARE DESENVOLVIDO.....	145
ANEXOS.....	151
ANEXO A - INDICADOR DE AVALIAÇÃO DE CAIXAS CIRÚRGICAS.....	152

INTRODUÇÃO

Inovações na área da saúde impactam diretamente na sociedade, melhorando outros aspectos socioeconômicos (BEINARE e MCCARTHY, 2011). Com o avanço das tecnologias eletrônicas, cada vez mais a humanidade estará imersa em dispositivos que invadem o trabalho, a casa e a vida de cada um. A tendência para a área da saúde é também utilizar as facilidades da tecnologia para melhorar a assistência de saúde ao paciente. Um estudo que analisou 16 edições do Concurso de Inovação na Administração Pública Federal, no período de 1995 a 2011, identificou que existe um grande esforço na inovação de processos para a área da saúde (FERREIRA et. al., 2014).

O conceito Hospital Inteligente já vem sendo abordado há mais de 15 anos, implementando-se controles de acesso e sistemas informatizados. Na atualidade, existem diversos dispositivos de tamanho reduzido que podem ser incorporados no processo de trabalho dos hospitais, como as tecnologias de rastreamento interno, que são formas de localizar objetos dentro de um ambiente fechado e de tamanho reduzido (PADOVANI, 2012; SARAMAGO, 2002).

Na literatura, há diversos trabalhos sobre tecnologias de Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) para hospitais, sendo a tecnologia de RFID (*Radio Frequency IDentification*) como uma das tecnologias mais promissoras para ser utilizada em hospitais inteligentes. Sua aplicação abrange sistemas de localização de equipamentos de saúde, pessoas, medicamentos e até bolsas de sangue (COUSTASSE, TOMBLIN & SLACK, 2013). Além da localização, todas as informações pertinentes a estes grupos podem ser associadas a identificação que o RFID dispõe, tudo integrado em um sistema informatizado, auxiliando o atendimento e aumentando a coleta de dados para tomadas de decisões mais rápidas e assertivas (FUHRER e GUINARD, 2006; CABRAL & DUARTE, 2013).

Além do RFID, outras tecnologias estão cada vez mais presentes no ambiente hospitalar, como o BLE (*Bluetooth Low Energy*), que é um sistema que utiliza circuitos integrados que implementam uma tecnologia de comunicação de baixo consumo de energia, sendo dispositivos com cerca de algumas unidades de centímetro, que se conectam a um servidor (CHAWATHE, 2008; HULTGREN e PAPATHANOPOULOS, 2014). Também está presente a tecnologia de leitura ótica com código de barras, sendo a mais utilizada. Recentemente, novos tipos de códigos

foram desenvolvidos, como o QR-Code, que implementa caracteres do alfabeto japonês, assim como o *DataMatrix*. Este último tem uma maior eficiência pois, mesmo considerando uma perda de 60% da qualidade do código, consegue resgatar uma leitura corretamente (MARKTSCHEFFEL et. al., 2016; BENHAIM et al., 2011).

Um problema relatado por Asta (ASTA, 2014) foi o desperdício praticado pela falta de gerenciamento em todos os setores dos hospitais. Em seu trabalho ele aborda um modelo que mensura o desperdício. Para que o modelo seja aplicado são necessárias informações, que muitas vezes são subnotificadas por falta de coletas mais automáticas de dados.

Um dos grandes desafios em hospitais está na capacidade de gerenciar dispositivos, já que a quantidade deles é grande e tende a crescer cada vez mais. Controlar qual equipamento, quando será utilizado e onde está localizado sem um sistema informatizado e inteligente se torna uma tarefa difícil e lenta. Assim, a tecnologia RFID sendo bem implementada, tomando todos os devidos cuidados e seguindo etapas bem definidas, sua entrada no processo de trabalho pode ser mais natural (PINHEIRO, 2010; LEFEBVRE, 2011).

Seguindo as recomendações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Centrais de Materiais e Esterilização (CME) devem ter um sistema manual ou automático para registro e acompanhamento dos materiais processados, guardando informações de controle biológico, validade, qualidade de procedimentos e condição dos materiais em histórico (Brasil, 2012).

Uma CME deve seguir as recomendações da ANVISA, iniciando o fluxo da área mais suja para a mais limpa. Inicialmente, os materiais passam por um processo de limpeza leve, para a remoção da sujidade superficial. Logo após, passam pela fase de desinfecção e, em seguida, esterilizados e armazenados adequadamente (BRASIL, 2012).

A partir do entendimento da legislação vigente para CMEs e da observação da lacuna de soluções no Brasil, o trabalho aqui descrito é pautado na melhoria do processo produtivo e na rastreabilidade dos instrumentos cirúrgicos em centrais de materiais. Para isso, foram utilizadas tecnologias de identificação RFID e marcação do instrumento cirúrgico com código *DataMatrix*. Com isso, espera-se que o trabalho contribua para a modernização das CMEs brasileiras, sendo uma referência para novos projetos de atualização no setor hospitalar.

O estabelecimento parceiro para o desenvolvimento do projeto é um hospital localizado no distrito de Nova Veneza, no município de Sumaré, na Região Metropolitana de Campinas, e

pertencente ao governo do Estado de São Paulo, administrado pela Unicamp. O atendimento é conveniado ao Sistema Único de Saúde, portanto representando o mesmo cenário da maioria dos hospitais brasileiros. Com este conhecimento, buscou-se desenvolver um sistema com o menor custo possível.

1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho descreve o estudo, o projeto e a implementação de um sistema de rastreabilidade de instrumentos cirúrgicos, desde sua entrada numa CME, as etapas de limpeza e esterilização, armazenamento, saída para uso nos diferentes setores do hospital e seu retorno à CME.

O trabalho foi dividido em 8 capítulos. No primeiro é apresentada a introdução, que situa o projeto no ambiente hospitalar e mostra sua importância para a área da saúde; no segundo são apresentados os objetivos que o projeto busca atender; no terceiro é apresentada a base teórica para o melhor entendimento do sistema e suas partes integrantes.

Nos capítulos 4, 5 e 6 estão as principais contribuições do autor, que foram divididas em Mapeamento do Ambiente (4), Tecnologias do Sistema (5) e Desenvolvimento de Software (6). Cada um destes capítulos possui a metodologia das atividades realizadas, o resultado das mesmas e a discussão dos resultados obtidos.

O Capítulo 7 apresenta a discussão geral do projeto, que objetiva realizar uma análise do projeto como um todo, comparando-o com projetos semelhantes no âmbito nacional e internacional.

No Capítulo 8 está a conclusão deste trabalho.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste projeto é desenvolver e implantar um sistema de gerenciamento e rastreabilidade de instrumentos e caixas cirúrgicas para uma central de materiais e esterilização.

Objetivos específicos:

- ◆ Realizar a inspeção da rotina de trabalho da CME, analisando os processos e o ambiente a que os instrumentos cirúrgicos são expostos;
- ◆ Prospectar e selecionar as melhores tecnologias para rastreamento;
- ◆ Projetar um sistema de rastreabilidade baseado nas tecnologias selecionadas;
- ◆ Desenvolver o software para o gerenciamento do sistema de rastreamento;
- ◆ Implantar e testar o sistema.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 CENTRAL DE MATERIAIS E ESTERILIZAÇÃO

Neste capítulo serão abordados assuntos sobre as centrais de materiais e esterilização: Sua definição de acordo com a legislação brasileira; A diferença entre centrais Classe I e Classe II; O fluxo de materiais; e áreas presentes na infraestrutura de uma CME.

3.1.1 Definição Legal

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define a CME como uma unidade funcional de apoio técnico, destinada ao processamento dos diversos materiais utilizados na prática dos serviços de saúde. Dentre as definições, também estão descritas diretrizes do correto funcionamento de uma CME, sua infraestrutura, classificação e boas práticas. Uma destas diretrizes é a existência de um sistema, manual ou automatizado, que registre o processo de limpeza, desinfecção e esterilização, os serviços de manutenção e monitoramento dos materiais (BRASIL, 2012).

Existe uma grande preocupação com a segurança dos pacientes e dos profissionais, considerando que estes entrarão em contato com os materiais provenientes da CME. Estes materiais precisam estar em pleno estado de utilização para a redução do risco de infecções hospitalares (BRASIL, 2012).

3.1.2 Classificação das Centrais de Materiais

As centrais de material são classificadas de acordo com o potencial de processamento. Centrais de Classe I são aquelas capazes de realizar o processamento de materiais não-críticos, semicríticos e críticos de conformação não complexa, passíveis de processamento. Já as Centrais

de Classe II são aquelas que além de processar os mesmos materiais das centrais de Classe I, são capazes de processar materiais críticos de conformação complexa (BRASIL, 2012).

Materiais críticos de conformação complexa são definidos pela ANVISA como produtos que possuam lúmen inferior a cinco milímetros ou com fundo cego, espaços internos inacessíveis para fricção direta, reentrâncias ou válvulas. Já os materiais de conformação não complexa são os produtos que possuem somente superfícies internas que possam ser alcançadas por escovação durante o processo de limpeza e tenham diâmetro superior a cinco milímetros nas estruturas tubulares (BRASIL, 2012).

Centrais de Classe I, estruturalmente falando, devem possuir barreiras técnicas, correspondentes a salas organizadas com o objetivo de separar dois ambientes, bancadas com pia separando duas áreas etc. Já as Centrais de Classe II, devem possuir barreiras físicas, por exemplo, salas separadas por paredes ou máquinas de barreira como autoclaves e termodesinfetoras específicas (BRASIL, 2012).

3.1.3 Fluxo de Materiais e Estrutura Física

De acordo com o Art. 15 da RDC Nº 15, de 2012, o processamento de produtos sempre deve ter seu fluxo direcionado da área mais suja para a área mais limpa. Entende-se que este fluxo deve ser unidirecional e não podendo ocorrer o cruzamento de materiais sujos dos processados e já esterilizados (BRASIL, 2012).

Para Centrais Classe II, que é o caso da CME do hospital parceiro (HES), as áreas são separadas e organizadas sequencialmente em: Recepção e Limpeza; Preparo e Montagem; Esterilização e Monitoramento do Processo de Esterilização; Armazenamento e Distribuição.

Uma CME Classe II contém três áreas separadas por barreiras físicas, como ilustrado na Figura 1: 1) Área suja (Expurgo), que é destinada ao recebimento e separação dos artigos sujos já utilizados pelos outros setores da assistência, onde é realizado o processo de limpeza, desinfecção e secagem; 2) Área limpa (Preparo e Montagem), que é o local onde são separados os materiais para realização dos processos de conferência da limpeza, integridade e funcionalidade, empacotamento, selagem das embalagens e esterilização; e 3) Área Estéril (Arsenal), que é o local destinado à armazenagem dos materiais esterilizados e prontos para distribuição.

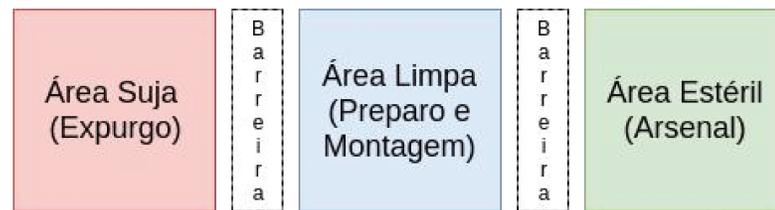


Figura 1: Separação de Áreas da CME (Fonte: Autor).

Na Figura 2 está ilustrado um fluxo geral dos materiais que são processados na CME. Iniciando pelas áreas assistenciais, os materiais utilizados são: 1) Roupas e 2) Instrumentos cirúrgicos. As roupas são entregues para a lavanderia, que lavam e as roupas que necessitam ser esterilizadas são posteriormente entregues a CME. Neste projeto não serão controlados os produtos provenientes da lavanderia (na Figura 2 em pontilhado vermelho), somente os materiais provenientes das áreas assistenciais que são entregues diretamente a CME.

Os instrumentos cirúrgicos são entregues na CME onde passa pelos processos de recepção, checagem, limpeza e desinfecção, após estes processos temos a primeira barreira física, as termodesinfectoras. Após passarem pela barreira os materiais são secados e passam pelos processos de Inspeção, preparo e montagem. Ainda nesta área, os materiais são dispostos em carrinhos que são introduzidos dentro das autoclaves, passando assim, pelo processo de esterilização em autoclave (segunda barreira física). Já na próxima área, o arsenal, os materiais estão estéreis e precisam ser armazenados em um ambiente com temperatura e umidade controlados, assim como limpo constantemente, para prolongar sua validade de esterilização.

Do Arsenal, os materiais são distribuídos para as áreas assistenciais e repetem o ciclo até perderem sua funcionalidade ou serem danificados e mandados para a manutenção.

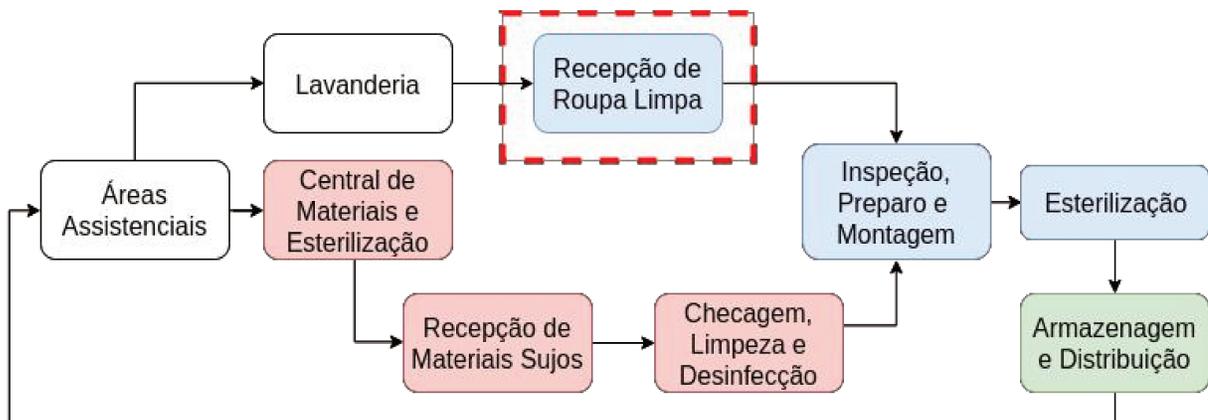


Figura 2: Fluxograma Base de uma CME (Fonte: Autor).

3.1.3.1 Recepção e Limpeza

A área de recepção e limpeza é chamada de Expurgo e é “suja”, já que recebe os materiais contaminados e que necessitam reprocessamento para que possam ser utilizados novamente (Figura 3). Nesta área são realizados os seguintes processos: 1) Inspeção, que consiste na verificação das condições do material, separação dos mesmos e identificação dos materiais contaminados e passíveis de desmontagem; e 2) Limpeza e Desinfecção, que são consideradas as principais etapas do processamento, visando a remoção de sujidades, remoção ou redução de microrganismos e substâncias pirogênicas (produtos do metabolismo de organismos, como bactérias e fungos, que podem causar febre) (GRAZIANO et al., 2009).



Figura 3: Expurgo - Área de limpeza na janela e termodesinfectoras, que separam a área de limpeza e a de secagem (Fonte: Autor).

A limpeza visa a remoção de fluidos corporais, que podem acarretar na formação de biofilme, que são camadas de material orgânico, e isso os torna bem mais difíceis de serem removidos. O biofilme é uma formação bacteriana organizada que adere rapidamente às superfícies umedecidas formando colônias de células envoltas por uma matriz (geralmente polissacarídica). Portanto, na ocorrência de sucessivas limpezas inadequadas é possível que ocorra um acúmulo deste resíduo podendo trazer prejuízos à esterilização.

A desinfecção é o processo que visa eliminar os microrganismos presentes superficialmente nos materiais, porém sua eficácia letal é menor que a esterilização, pois não remove todas as formas de vida microbiana, principalmente esporos. Alguns fatores podem

reduzir ainda mais a eficácia no processo de desinfecção: a presença de matéria orgânica e/ou inorgânica, o tipo de contaminação, a concentração e o tempo de exposição ao desinfetante e configuração física do material (exemplo: encaixes e parafusos com fissuras).

3.1.3.2 Preparo e Montagem

Este processo consiste no preparo e montagem dos materiais de acordo com a demanda das assistências e em embalagens compatíveis com o processamento e o material. O objetivo é manter a validade da esterilidade dos materiais, a vida útil, melhorar a condição de transporte e armazenamento até a sua utilização, sem risco de contaminação. Estas atividades são realizadas na área de preparo e montagem, ilustrada na Figura 4.



Figura 4: Área de Preparo e Montagem, mesas de trabalho para preparo e montagem das caixas cirúrgicas (Fonte: Autor).

Um dos tipos de embalagem é o tecido de algodão, também conhecido como campo de tecido; este tipo de embalagem está sendo cada vez menos utilizada, devido à necessidade de monitoramento constante da vida útil. A legislação contém a informação de que este tipo de embalagem não pode apresentar quaisquer furos ou desgaste de fibras. Outro material é o papel grau cirúrgico, que possui a vantagem de ser translúcido, permitindo a visualização do material

que está sendo preparado, possui um fechamento hermético, resistência e alto poder de barreira microbiana.

3.1.3.3 Esterilização

A Esterilização é o processo que visa a destruição de todos os microrganismos, incluindo os esporulados, de tal forma que não seja mais possível, através de testes microbiológicos padrões, detectá-los. A probabilidade esperada de sobrevivência do microrganismo no item processado por esterilização é menor que 1:1.000.000; desta forma o produto de saúde é considerado estéril (COSTA et al., 1990).



Figura 5: Esterilização - Área de Autoclaves, autoclave de barreira (Fonte: Autor).

O processo de esterilização pode ser realizado de diversas formas, sendo a mais comum o de calor úmido sob pressão em autoclave, ilustrada na Figura 5. Neste processo o material passa por temperaturas entre 121°C e 134°C.

O prazo de validade dos materiais esterilizados está relacionado principalmente ao tipo de embalagem. Porém, não existe uma diretriz que estabeleça este prazo, portanto é de critério da própria CME a determinação destes prazos. Alguns fatores que podem interferir neste prazo são: integridade da embalagem, ausência de sujidade na embalagem, presença de umidade ou manchas e características do local de armazenamento.

Os processos de esterilização devem ser monitorados por via mecânica e física da autoclave, e química e biológica dos ciclos, realizando-se manutenções corretivas e preventivas periodicamente nos equipamentos e para cada ciclo existem etiquetas indicativas de contaminação.

3.1.3.4 Armazenagem e Distribuição

O ambiente de estocagem dos materiais (Arsenal) é uma área que deve ser constantemente limpa, visando manter a validade da esterilização. Deve facilitar a localização dos materiais para que, em momentos de emergência, esta seja atendida o mais brevemente possível. Os materiais são armazenados ou em armários fechados ou em prateleiras abertas (Figura 6). Contudo, as prateleiras abertas merecem maior atenção no que se refere ao controle de fluxo de pessoal, limpeza e ventilação e devem manter distância de teto, piso e paredes.



Figura 6: Arsenal – Área de Armazenagem de material já esterilizado. Ao fundo se vê o armário branco para estocagem de material que é mantido fechado. Outros materiais ficam visíveis nas prateleiras (Fonte: autor).

Na área de armazenagem ocorre o processo de distribuição, no qual a CME empresta seus materiais para as áreas de assistência, que passam a ser responsáveis pela devolução do material. Para materiais consumíveis é realizado um procedimento de informe de consumo e a CME fica responsável pela sua reposição.

3.1.3.5 Administração

Na administração da CME ocorrem os pedidos de manutenção, reposição e compra de novos materiais, e são realizados o gerenciamento dos recursos humanos disponíveis, com suas escalas de trabalho. Todo o controle de devolução também é feito na administração da CME, assim como o gerenciamento de riscos e a garantia da qualidade.

3.1.4 Rastreabilidade de Produtos de Saúde

A definição de rastreabilidade para produtos de saúde é a capacidade de traçar o histórico do processamento e da utilização do mesmo por meio de informações previamente registradas. Assim, temos que o ponto principal para garantir um bom nível de rastreabilidade de materiais cirúrgicos são a confiabilidade e a suficiência das informações que são adquiridas e processadas numa CME (BRASIL, 2012).

3.2 HARDWARE

Esta seção trata da tecnologia envolvida nos componentes de hardware utilizados ao longo deste projeto: 1) Código de barras do tipo *DataMatrix*; 2) *RFID* e 3) *RaspberryPi*. As duas primeiras são relacionadas a identificação eletrônica de itens e materiais e a última é o sistema computacional (*workstation*) de baixo custo e baixo consumo utilizado neste projeto. Será feito um breve histórico de cada uma destas tecnologias, princípios físicos e características.

3.2.1 Códigos de Barras

Os códigos de barras são unidades gráficas utilizadas para representar uma identificação, seja ela em números ou em caracteres, que pode ser atrelada a produtos, localizações, unidades logísticas, ativos, documentos, cargas, contêineres e serviços, afim de facilitar a recuperação de

dados através de leitores e coletores de código de barras, resultando em uma automação de processos e, conseqüentemente, mais eficiência, maior controle e confiabilidade (GS1 Brasil, 2018). Os códigos podem ser divididos em 2 tipos: unidimensionais (1D) ou bidimensionais (2D), um exemplo de cada está ilustrado na Figura 7. Neste projeto foi utilizado o código 2D (no caso específico, foi usado o *DataMatrix*) (GS1 BRASIL).



Figura 7: Códigos de Barras 1D (A) e 2D (B) (Fonte: <https://www.hardstand.com.br/blog/o-que-e-um-codigo-2d/>).

3.2.1.1 Tipos de Códigos de Barras

Estão listados abaixo os códigos mais comuns, em destaque o *DataMatrix* (BENHAIM et. al., 2011). O código *DataMatrix*, utilizado neste trabalho, será descrito com mais detalhes a seguir. Sugere-se a consulta ao sítio indicado para mais informações sobre todos os códigos citados.

- ◆ Code 11
- ◆ EAN
- ◆ EAN-5 e EAN-2
- ◆ QR Code
- ◆ Code 39
- ◆ UPC
- ◆ ITF-14
- ◆ Codabar
- ◆ Code 93
- ◆ EAN-8
- ◆ GS1-128
- ◆ ***DataMatrix***

3.2.1.2 Tecnologia *DataMatrix*

DataMatrix é um código de barras bidimensional que consiste em *células* pretas ou brancas ou módulos dispostos em um padrão quadrado ou retangular, também conhecido como matriz. A informação a ser codificada pode conter caracteres alfanuméricos. O comprimento dos dados codificados depende do número de células na matriz. Geralmente, códigos de correção de

erros são usados para aumentar a confiabilidade, isto resulta que, mesmo se uma ou mais células forem danificadas e, portanto, ilegíveis, a mensagem ainda poderá ser recuperada. Um símbolo *DataMatrix* pode armazenar até 2.335 caracteres alfanuméricos, 1.555 caracteres do tipo 8-bit byte e 3.116 dígitos numéricos (BENHAIM et. al., 2011).

Os símbolos *DataMatrix* são retangulares, geralmente de formato quadrado e compostos de células quadradas que representam bits. Dependendo da codificação usada, uma célula clara representa um 0 e uma célula escura é um 1, ou vice-versa. Cada código *DataMatrix* é composto de duas bordas adjacentes sólidas em uma forma de “L” (chamada de padrão localizador) e duas outras bordas consistindo de células ou módulos escuros e claros (chamados de padrão de tempo) (BENHAIM et. al., 2011).

Dentro dessas bordas estão linhas e colunas de células que codificam informações. O padrão de localização é usado para localizar e orientar o símbolo, enquanto o padrão de tempo fornece uma contagem do número de linhas e colunas no símbolo.

À medida que mais dados são codificados no símbolo, o número de células (linhas e colunas) aumenta e são sempre números pares. Para símbolos quadrados, seus tamanhos variam de 10 x 10 células a 144 x 144 células e para símbolos retangulares variam de 8 x 18 células a 16 x 48 células, todos na nova versão ECC 200 e de 9 x 9 células a 49 x 49 células nas versões mais antigas ECC 000 - 140 (BENHAIM et. al., 2011).

Recursos adicionais que diferenciam os símbolos ECC 200 dos padrões anteriores incluem:

- ◆ Símbolos de leitura inversa (imagens claras em um fundo escuro);
- ◆ Especificação do conjunto de caracteres (via Interpretações de Canal Estendido);
- ◆ Símbolos retangulares;
- ◆ Anexo estruturado (vinculação de até 16 símbolos para codificar grandes quantidades de dados);

3.2.1.2.1 Construindo um símbolo DataMatrix

Cada caractere é codificado em formato binário (1 - 255 em decimal), seguindo os códigos da Tabela 1 e são transformados em unidades matriciais que compõem o código

DataMatrix. A representação desta unidade, para o ECC 200, está ilustrada na Figura 8, onde MSB (*Most Significant Bit*) é o bit mais significativo e LSB (*Least Significant Bit*) é o bit menos significativo (BENHAIM et. al., 2011).

Tabela 1: Código de palavras do *DataMatrix*.

Código das palavras (Decimal)	Dado ou função
1-128	Dados ASCII (Valor ASCII + 1)
129	Pad
130-229	Dados de 2-Dígitos 00-99 (Valor numérico + 130)
230	Inicializa a codificação C40
231	Inicializa a codificação de Base 256
232	Caracter inicial <i>FNCI</i> (<i>Function 1 Character</i>)
233	Anexo estruturado
234	Programação do leitor
235	Shift (Modifica para ASCII Estendido)
236	05 Macro
237	06 Macro
238	Inicializa a codificação ANSI X12
239	Inicializa a codificação Text
240	Inicializa a codificação EDIFACT
241	Caractere ECI
242-255	Não são utilizados na codificação ASCII

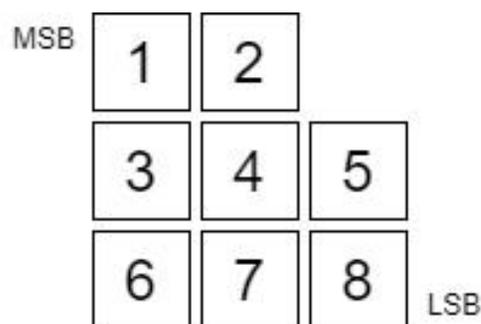


Figura 8: Unidade matricial de um símbolo *DataMatrix* (Fonte: Autor).

Para exemplificar como é montado a imagem do código, explicamos a seguir os passos da codificação da informação: “123456”.

◆ Passo 1: Codificação da informação.

De acordo com a Tabela 1, valores numéricos devem ser separados aos pares (2-dígitos) e somados 130. Então temos:

$$\text{“12”} = 12 + 130 = 142;$$

$$\text{“34”} = 34 + 130 = 164;$$

$$\text{“56”} = 56 + 130 = 186;$$

◆ Passo 2: Adição do código de correção de erro.

Utilizando o algoritmo *Reed-Solomon* (Anexo E do padrão ISO/IEC 16022) são adicionados mais cinco palavras de 8 bits ao código da informação, que possui três palavras de 8 bits, totalizando um código de 8 palavras de 8 bits ilustradas na Tabela 2:

Tabela 2: Palavras codificadas para montagem do símbolo *DataMatrix*.

Palavra	Decimal	Hexadecimal	Binário
1	142	8E	10001110
2	164	A4	10100100
3	186	BA	10111010
4	114	72	01110010
5	25	19	00011001
6	5	05	00000101
7	88	58	01011000
8	102	66	01100110

◆ Passo 3: Montando a matriz final.

As palavras codificadas e apresentadas na Tabela 2, são desenhadas em símbolos de acordo com a Figura 8 e dispostas juntas de acordo com o arranjo da Figura 9, onde 1.1 corresponde ao primeiro bit da palavra 1, 1.2 corresponde ao segundo bit da palavra 1 e assim por diante.

2.1	2.2	3.6	3.7	3.8	4.3	4.4	4.5
2.3	2.4	2.5	5.1	5.2	4.6	4.7	4.8
2.6	2.7	2.8	5.3	5.4	5.5	1.1	1.2
1.5	6.1	6.2	5.6	5.7	5.8	1.3	1.4
1.8	6.3	6.4	6.5	8.1	8.2	1.6	1.7
7.2	6.6	6.7	6.8	8.3	8.4	8.5	7.1
7.4	7.5	3.1	3.2	8.6	8.7	8.8	7.3
7.7	7.8	3.3	3.4	3.5	4.1	4.2	7.6

Figura 9: Palavras representadas por 8-bits em um arranjo de código *DataMatrix* (Fonte: https://www.gs1hr.org/.protect/file/20180105-fa51ead0/gs1_datamatrix_guideline_a3fdedbb693d2f5d2e29.pdf).

Na Figura 10 os valores correspondentes aos bits foram substituídos por seu valor lógico (0 ou 1) formando a matriz lógica do código *DataMatrix*.

1	0	0	1	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	0	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0	1	0

Figura 10: Bits substituídos por seus valores de acordo com a Figura 9 e Tabela 2 (Fonte: https://www.gs1hr.org/.protect/file/20180105-fa51ead0/gs1_datamatrix_guideline_a3fdedbb693d2f5d2e29.pdf).

Na Figura 11 os valores dos bits foram substituídos por células escuras e claras; para este caso as células claras representam “0” e as escuras “1”. Nesta Figura ainda não foram adicionadas as bordas de localização.

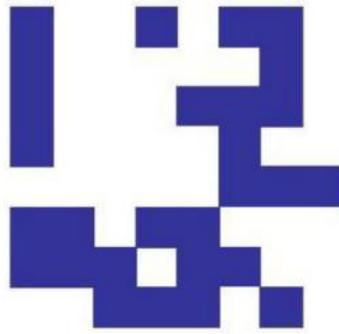


Figura 11: Bits representados como '1' por preto e '0' por branco, sem as bordas de localização (Fonte: https://www.gs1hr.org/.protect/file/20180105-fa51ead0/gsl_datamatrix_guideline_a3fdedbb693d2f5d2e29.pdf).

Na Figura 12 está o código *DataMatrix* completo, a matriz lógica e as bordas de localização, que na base inferior e lateral esquerda são linhas contínuas e na base superior e lateral direita são linhas pontilhadas.

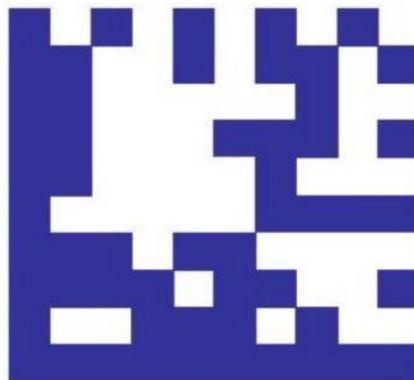


Figura 12: Código *DataMatrix* completo, com os bits representados e as bordas de localização presentes (Fonte: https://www.gs1hr.org/.protect/file/20180105-fa51ead0/gsl_datamatrix_guideline_a3fdedbb693d2f5d2e29.pdf).

3.2.1.3 Princípios Físicos da Leitura *DataMatrix*

O princípio físico que rege a tecnologia *DataMatrix* é o da emissão e reflexão de luz. Nesta tecnologia, o dispositivo contém uma fonte emissora de luz (LED) e sensores do tipo CCD (*charge coupled device*) ou CMOS. Para ser lido, o código *DataMatrix* impresso ou gravado em um determinado material é irradiado com a luz do LED, a luz refletida retorna para o dispositivo CCD ou CMOS e o código é detectado e processado conforme já descrito.

3.2.1.4 Tecnologias de Marcação de Símbolo

As tecnologias mais utilizadas para marcação de símbolos *DataMatrix* são (BENHAIM et. al., 2011):

- ◆ Transferência Térmica;
- ◆ Impressão a laser ou tinta;
- ◆ Gravação a Laser;
- ◆ Marcação por Punção.

Estas tecnologias serão abordadas nas próximas sessões; neste projeto foi utilizada a tecnologia de gravação a laser, por ser a mais indicada para códigos marcados em peças metálicas. Existe um tipo de marcação química, utilizada para marcação de uma mesma informação em muitos objetos. No caso deste projeto a informação é única para cada peça, inviabilizando este tipo de marcação.

3.2.1.4.1 Transferência Térmica

O processo de impressão por transferência térmica corresponde à transferência de tinta de uma fita de carbono para o objeto que se deseja marcar. Este processo possui três principais componentes: um cabeçote de impressão não móvel, uma fita de carbono e um objeto a ser marcado. Geralmente é um papel, cartão ou algum material têxtil.

Os três componentes são dispostos formando um sanduíche, onde a fita fica no meio. O cabeçote de impressão gera calor e a tinta da fita de carbono é transferida para o objeto (BENHAIM et. al., 2011). Na Figura 13 está ilustrado um exemplo de impressão térmica de etiquetas, onde se pode ver os componentes supracitados.

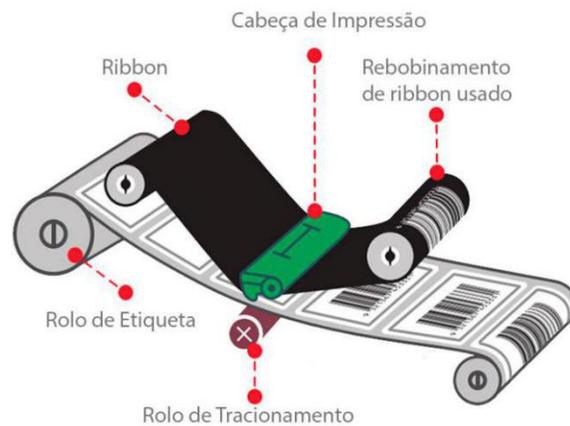


Figura 13: Componentes de uma impressora térmica (Modificado de: <http://blog.3ltec.com.br/qual-melhor-metodo-para-impressao-de-etiquetas-transferencia-termica-ou-termica-direta/>).

3.2.1.4.2 Impressão com Jato de Tinta

A impressão com jato de tinta consiste em despejar gotículas de tinta sobre o papel, formando imagens que geralmente são criadas digitalmente em computador. É o tipo de impressão mais comum, nos últimos anos se tornou um item de consumo residencial e empresarial (BENHAIM et. al., 2011).

Na Figura 14 estão ilustrados os componentes mínimos de uma impressora com jato de tinta, onde podemos observar que uma quantidade de tinta fica armazenada em estado sólido no bocal; quando precisa ser depositada, um elemento aquecedor aumenta sua temperatura, a tinta passa para o estado líquido e goteja sobre o papel. Este é o fundamento básico sobre este tipo de impressão.

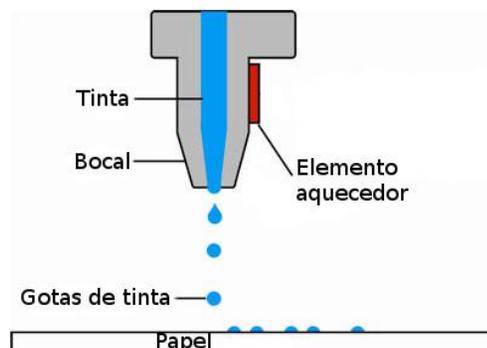


Figura 14: Componentes de uma impressora a jato de tinta (Modificado de: <http://www.dp3project.org/technologies/digital-printing/inkjet>).

3.2.1.4.3 Gravação a Laser

A gravação a laser utiliza lasers controlados com precisão para marcar informações em objetos. O laser é emitido e controlado por diversos espelhos e lentes para concentrar em um ponto focal, neste ponto a energia concentrada queima o material. Assim o código é marcado na peça (BENHAIM et. al., 2011).

Nem todos os materiais são próprios para este tipo de marcação. No caso de materiais inflamáveis, este tipo de marcação não é apropriado pois o material será danificado. Já para materiais metálicos, este tipo de marcação consegue ser realizado com eficiência.

Neste projeto os materiais marcados são predominantemente metálicos, portanto este tipo de marcação foi escolhido para identificação dos instrumentos cirúrgicos. Um exemplo deste tipo de marcação está ilustrado na Figura 15 (BENHAIM et. al., 2011).



Figura 15: Instrumento cirúrgico marcado à laser com código *DataMatrix* (Fonte: Autor).

Este tipo de marcação é considerado *DPM (Direct Part Marking)* e, para que o código seja lido com maior velocidade, é necessário um equipamento especializado e, portanto, mais caro que os utilizados para leitura de códigos impressos em etiqueta, tecido ou papel (BENHAIM et. al., 2011).

3.2.1.4.4 Marcação por Punção

- Na marcação por punção são utilizados materiais muito duros, por exemplo tungstênio, que possui dureza de 7,5 na escala de Mohs (SAMSONOV, 1968), para construir um objeto

pontiagudo que irá perfurar o material que se deseja marcar, criando assim diversas microfendas que juntas formam a informação marcada. Na Figura 16 está ilustrado um exemplo de uma marcação por punção. Este tipo de marcação também é considerado *DPM* (BENHAIM et. al., 2011).

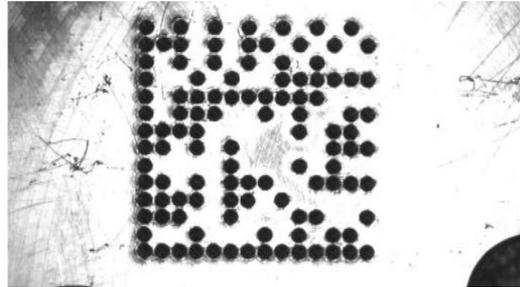


Figura 16: Marcação por punção (Fonte: https://www.gs1hr.org/protect/file/20180105-fa51ead0/gs1_datamatrix_guideline_a3fdedbb693d2f5d2e29.pdf).

3.2.2 Identificações por Radiofrequência (RFID)

Um sistema de RFID básico pode ser feito com dois componentes, o transponder (etiqueta ou *tag*), que está junto ao objeto que se pretende localizar; e o leitor ou interrogador, que dependendo do equipamento utilizado, pode ser um dispositivo somente de leitura ou de leitura e escrita. Existem três tipos de etiquetas, como as passivas, que não necessitam de bateria, as semiativas, que necessitam bateria somente para uma parte do circuito, e as ativas, que utilizam bateria para todo o circuito. Neste projeto foram utilizadas etiquetas passivas.

O princípio físico de funcionamento de um sistema de RFID é a indução de campo magnético de uma bobina para outra. Neste enlace, ocorre a transmissão de informação, variando-se a intensidade do campo (FINKENZELLER, 2010).

3.2.2.1 Histórico da Tecnologia RFID

A tecnologia RFID é originária do século XIX quando ocorreram significativos avanços científicos em eletromagnetismo, a partir das descobertas de Michael Faraday sobre a indutância

elétrica, as equações do eletromagnetismo de James Clerk Maxwell, e experimentos de Heinrich Rudolf Hertz confirmando afirmações de Faraday e Maxwell (ROBERTI, 2005).

Sistemas para detecção de objetos foram criados antes dos sistemas de identificação por radiofrequência. John Logie Baird em 1926 patenteou o rádio transmissor para sistemas de detecção de objetos, sendo esta uma das primeiras patentes no assunto. Já em 1935, o sistema de RADAR (*RA*dio *D*etection *A*nd *R*anging) foi patenteado pelo físico escocês Robert Alexander Watson-Watt. Durante a Segunda Guerra Mundial, o radar foi usado pelos países em conflito para alertar a presença de aviões, mas não havia como distinguir os inimigos dos aliados (ROBERTI, 2005).

O primeiro sistema ativo de identificação foi criado através de um projeto secreto britânico com a liderança de Watson-Watt, o *Identify Friend or Foe* (IFF), que foi utilizado pela Força Aérea Real britânica na Segunda Guerra Mundial. O sistema consistia em colocar um transmissor em cada avião britânico. Quando um sinal era recebido pelas estações de radar, o transmissor respondia com um sinal identificando o avião como aliado. O IFF ajudou a evitar que aliados fossem abatidos por engano e auxiliava na identificação de alvos inimigos (ROBERTI, 2005).

Um sistema RFID possui o mesmo conceito de funcionamento. Um sinal é emitido por um interrogador para um transponder (etiqueta ou *tag*), este por sua vez reconhece este sinal e responde com um sinal reconhecido pelo interrogador (ROBERTI, 2005; AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

Em meados dos anos 60, diversas empresas dedicaram esforço a utilizar comercialmente sistemas de *Electronic Article Surveillance* (EAS). Sistemas de EAS são dispositivos magnéticos embutidos em produtos, que são removidos ou desativados após a compra do produto. A presença destes dispositivos é capaz de disparar um alarme ao passarem por sensores localizados nas saídas dos estabelecimentos. Esse tipo de EAS não é capaz de identificar os objetos, por ser utilizado somente para identificação de presença (ROBERTI, 2005).

Nos anos 70, cientistas colocaram transponders em caminhões e leitores nas saídas das instalações do Departamento de Energia do governo dos Estados Unidos, para rastreamento de material nuclear. Este projeto foi desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Los Alamos (EUA). Depois disso, nos anos 80, estes cientistas, que trabalharam neste projeto, saíram do laboratório e

formaram uma empresa e criaram o sistema de pagamento de pedágio automatizado (ROBERTI, 2005; RAMOS & NASCIMENTO, 2007).

Engenheiros da IBM, no início de 1990, patentearam o RFID de ultra-alta frequência (UHF). Porém, por problemas financeiros, a IBM acabou vendendo a patente para a fornecedora de códigos de barras Intermec, que instalou o seu sistema em inúmeras aplicações, desde rastreamento de estoque até na agricultura (ROBERTI, 2005).

Em 1999 o *Uniform Code Council*, a *EAN International*, a Procter & Gamble e a Gillette investiram e criaram o Auto-ID Center no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Os professores David Brock e Sanjay Sarma, do MIT realizaram pesquisas utilizando etiquetas RFID de baixo custo para rastrear produtos em cadeias logísticas. A ideia foi utilizar um microchip simples, com uma única informação, o número serial. Assim, utilizando um sistema informatizado, poderiam resgatar as informações sobre aquele produto (ROBERTI, 2005).

Entre 1999 e 2003, o Auto-ID Center ganhou o apoio de mais de 100 empresas consumidoras, do Departamento de Defesa dos EUA e de vários vendedores importantes de RFID. Centros de pesquisa foram criados em diversos países e juntos desenvolveram dois protocolos de interface aérea (Class 1 e Class 0), que padronizam a comunicação entre etiqueta e leitor, o *Electronic Product Code* (EPC). A tecnologia foi licenciada pelo *Uniform Code Council* em 2003, que criou o EPCglobal, um conjunto de normas e serviços, para comercializar a tecnologia EPC. O Auto-ID Center foi encerrado em 2003 e as pesquisas passadas para o Auto-ID Labs, uma rede de pesquisas envolvendo 7 universidades em todo o mundo. Em 2004 a EPC definiu a segunda geração de padrões (ROBERTI, 2005).

3.2.2.2 Princípios Físicos do *RFID*

Como já relatado na seção anterior, são diversos os princípios físicos da tecnologia RFID. Os sistemas RFID devem prover uma identificação e essa informação deve ser transmitida por ondas eletromagnéticas, porém existem sistemas RFID com frequências próximas ao DC (*Direct Current*), que podem utilizar outra forma de transmissão de dados, neste projeto não foram utilizados estes tipos de sistemas. A referida transmissão é uma comunicação por radiofrequência que utiliza ondas eletromagnéticas de frequências advindas de partes específicas do espectro

eletromagnético. A física que embasa o RFID é a mesma para comunicações que usam ondas eletromagnéticas para transportar informação pelo ar (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

Existem quatro atores deste tipo de comunicação que merecem destaque:

- ◆ Sinal de Dados ou Sinal Modulador: é o sinal elétrico que contém a informação que precisa ser enviada através da onda portadora;
- ◆ Onda portadora: é a onda de rádio que transporta o sinal de dados.
- ◆ Modulação: é o processo de codificar o sinal de dados na onda portadora a ser transmitida pela antena;
- ◆ Antena: é o transdutor eletromagnético, responsável por transformar o sinal elétrico em ondas de radiofrequência e vice-versa.

Na Figura 17 está ilustrada esta interação. O circuito modulador realiza a composição do sinal que será transmitido, composto pelos sinais de dados e de transporte. A antena transforma o sinal elétrico em onda eletromagnética, possibilitando assim a transmissão pelo ar. Já na outra ponta uma segunda antena recebe esta onda propagada e a converte em sinal elétrico onde o circuito de demodulação realizará a operação inversa do circuito de modulação, separando o sinal de dados do sinal transportador, recuperando a informação transmitida (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

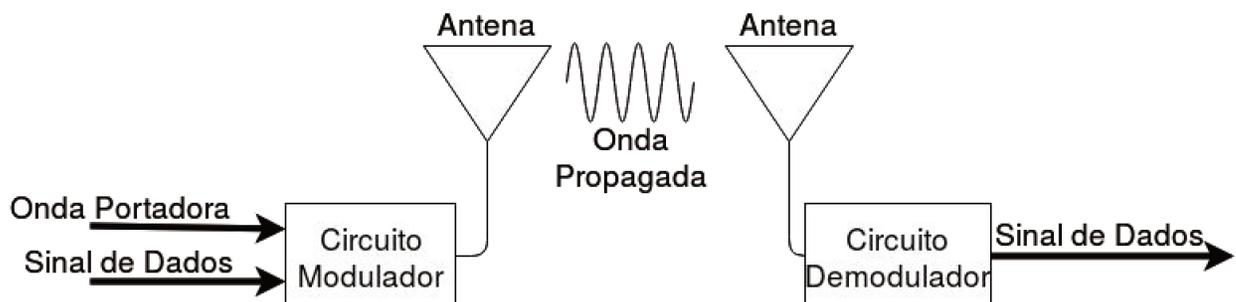


Figura 17: Comunicação por ondas de rádio (Fonte: Autor)

3.2.2.3 Frequência, Alcance e Acoplamento

Os principais critérios de diferenciação dos sistemas RFID são a frequência de operação, o método de acoplamento entre o leitor e a etiqueta de identificação, e o alcance do sistema. As frequências de operação, homologadas pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações), vão de 119 kHz até 5,8 GHz (em diferentes faixas de frequência dentro deste intervalo). Os acoplamentos podem ser campo elétrico, campo magnético e campo eletromagnético (ondas). Já o alcance, geralmente, está compreendido entre alguns milímetros até dezenas de metros (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

Sistemas RFID com um alcance muito pequeno, tipicamente na região de até 1 cm, são conhecidos como sistemas de acoplamento-próximo (*close-coupling*). Para operação, o transponder deve ser inserido no leitor ou posicionado sobre uma superfície fornecida para este propósito. Os sistemas de acoplamento-próximo são acoplados usando campos elétricos e/ou magnéticos e podem teoricamente ser operados em qualquer frequência desejada entre CC (corrente contínua) e 30 MHz, porque a operação do transponder não depende da radiação de campos (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

O acoplamento-próximo entre o transponder e o leitor também facilita o fornecimento de mais energia. Os sistemas de acoplamento direto são usados principalmente em aplicações sujeitas a requisitos rígidos de segurança, mas que não exigem um grande intervalo de tempo de uso ou leitura. Exemplos são sistemas eletrônicos de travamento de portas ou sistemas de cartão inteligente sem contato com funções de pagamento (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

Sistemas com distâncias de gravação e leitura de até 1 metro são conhecidos pelo termo Sistemas de Acoplamento Remoto (*Remote Coupling System*). Quase todos esses sistemas são baseados em um acoplamento indutivo (magnético) entre leitor e transponder. Esses sistemas são também conhecidos como sistemas de rádio indutivos. Cerca de 90% dos sistemas RFID atualmente vendidos são sistemas indutivamente acoplados, ilustrado na Figura 18 (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).



Figura 18: Cartão e leitor RFID, sistema indutivamente acoplado de curtíssimo alcance (Fonte: <https://www.rfid.ind.br/cartao-rfid>).

Sistemas RFID com alcances superiores a 1 metro são conhecidos como sistemas de longo alcance. Todos os sistemas de longa distância operam usando ondas eletromagnéticas na faixa de UHF e micro-ondas. Esses sistemas também são conhecidos como sistemas de retroespalhamento ou difuso de retorno devido ao seu princípio físico de operação. Todos esses sistemas são operados nas frequências UHF de 868 MHz (Europa) e 915 MHz (EUA) e nas frequências de micro-ondas de 2,5 GHz e 5,8 GHz (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

Na Figura 19 está a relação entre a frequência, o tipo de acoplamento e o alcance de sistemas RFID. Destacando-se a comunicação alimentada, que se refere à alimentação do transponder, este pode conter uma bateria para alimentar parte ou todo o seu circuito, aumentando assim o alcance de leitura (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

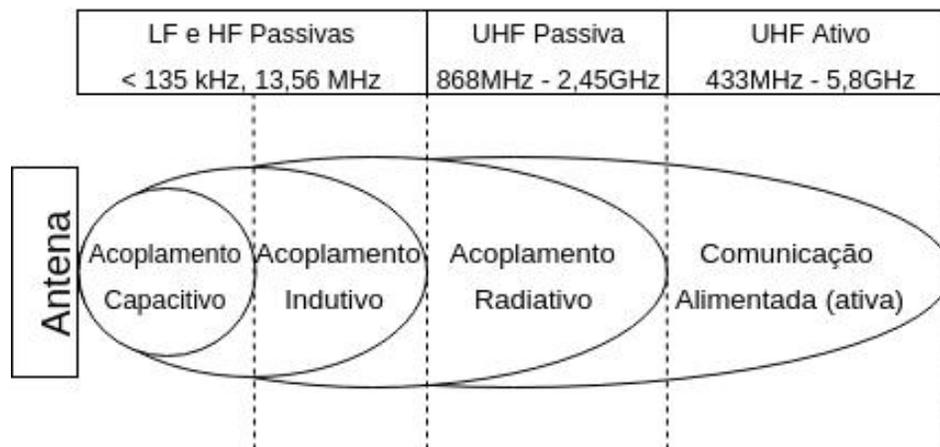


Figura 19: Relação de Frequências e Acoplamentos RFID (Fonte: Autor)

3.2.2.4 Componentes de um Sistema *RFID*

Um sistema *RFID* básico é composto por duas partes: 1) uma etiqueta eletrônica (transponder), que deve ser anexada ao objeto que se quer identificar; e 2) o leitor, que é o dispositivo que emite o sinal para uma determinada área. Quando na presença de etiquetas, estas emitem um sinal de resposta, que é captado pelo leitor, realizando assim uma leitura (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

3.2.2.4.1 Etiquetas

As etiquetas são utilizadas para identificar os objetos. Portanto, devem estar anexadas ao mesmo. Suas principais funções são: 1) Armazenar informação sobre o objeto; 2) Processar a requisição da informação vinda do leitor; 3) Preparar e enviar a resposta requerida. Elas são compostas por um *chip* e uma antena, ambos depositados em uma superfície plana não condutiva. Este conjunto ainda pode estar envolto por uma camada de outro material para isolamento mecânico. Na Figura 20 está um diagrama dos componentes de uma etiqueta (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

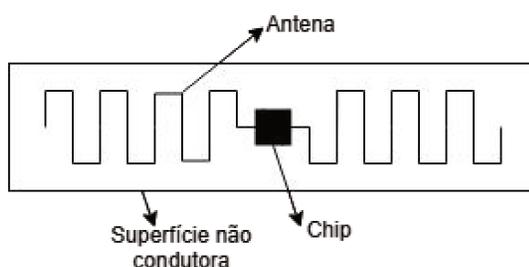


Figura 20: Diagrama dos Componentes de uma Etiqueta *RFID* (Fonte: Autor)

O *chip* é usado para gerar e processar sinal; é um circuito integrado (CI) feito em silício e possui os seguintes blocos funcionais: 1) Unidade Lógica, que implementa o protocolo de comunicação; 2) Memória, que guarda a informação; 3) Modulador, que modula o sinal de saída e demodula o sinal de entrada; 4) Controlador de Potência, que transforma o sinal de radiofrequência vindo do leitor em alimentação DC para os dispositivos da etiqueta eletrônica (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

A antena irradia e recebe as ondas de rádio, sendo o elemento transdutor do sinal elétrico em sinal eletromagnético. O tamanho da antena depende e é inversamente proporcional à frequência; quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda e menor o tamanho da antena necessária para captar o sinal (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

A superfície onde são depositados o CI e a antena, geralmente permite a cobertura destes itens por um substrato que serve para proteção e isolamento, evitando descargas estáticas, aumentando a resistência mecânica e com isso aumentando a durabilidade da etiqueta (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

As etiquetas possuem uma classificação divididas em três tipos: Etiquetas Passivas, que são aquelas que não utilizam bateria para serem alimentadas, retirando sua alimentação do próprio campo irradiado pelo leitor; Etiquetas Semiativas ou Semi-passivas, são aquelas que possuem uma bateria para alimentar parte do seu circuito; Etiquetas Ativas, utilizam bateria para alimentação de todo o seu circuito (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

3.2.2.4.2 Leitor

O Leitor RFID, também conhecido como interrogador, é responsável pela coleta da informação vinda da etiqueta e enviar esta informação para um sistema computacional, seja diretamente para um microcomputador seja para um servidor. Este processo de coleta de informação é a chamada Leitura (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).

Primeiramente o Leitor RFID recebe um comando do sistema computacional para que execute alguma função, por exemplo, realizar uma verificação da existência de alguma etiqueta em seu raio de atuação. Na Figura 21 estão ilustrados os passos (A a D) desta função (AHSON, 2008; FINKENZELLER, 2010).



Figura 21: Função de Leitura de Etiqueta. Os passos A e D ocorrem com a interligação entre microcomputador e leitor via USB ou Ethernet. Os passos B e C ocorrem via sinal de RF (antena) entre leitor e etiqueta (Fonte: Autor).

Os passos de comunicação para leitura de informação das etiquetas são descritos a seguir:

- ◆ A: Envio de comando do sistema computacional para o Leitor RFID;
- ◆ B: Leitor RFID enviando o sinal para a área de atuação;
- ◆ C: Resposta da Etiqueta RFID;
- ◆ D: Informações extraídas do sinal de resposta da Etiqueta RFID.

3.2.3 Sistema Computacional

Sistemas computacionais são as plataformas de hardware e software que permitem a manipulação de dados de qualquer natureza desde que convertidos em formato digital para seu processamento por meio de aplicativos. Nas próximas sessões será abordado sobre um tipo de sistema computacional e um exemplo de computador.

3.2.3.1 Computadores de Placa Única

Nos últimos anos, impulsionados pelo desenvolvimento de dispositivos móveis cada vez menores e baixo consumo de energia, surgiu a chamada Computação de Ultra Baixo Custo (ULCC - Ultra Low Cost Computing), que se refere a processadores e seus periféricos de entrada e saída presentes em uma única placa de circuito impresso (HEEKS; ROBINSON, 2013). Alguns exemplos de iniciativas de ULCC são: Raspberry Pi, Beaglebone, Intel Galileo e Edson, Arduino, Orange Pi e Asus Tinker Board.

Nesta lista o Raspberry Pi se destaca, pois tem uma das maiores comunidades de desenvolvedores e usuários, um preço relativamente baixo (US\$ 35,00 e encontrado no Brasil por aproximadamente R\$ 200,00) (www.filipeflop.com.br – acesso em 20/09/2018). Tem a vantagem de ser uma plataforma open-source, característica que atrai muitos desenvolvedores.

3.2.3.1.1 Raspberry Pi

Com dimensões de um cartão de crédito, o Raspberry Pi é um computador de placa única que foi desenvolvido pela Raspberry Pi Foundation (www.raspberrypi.org – acesso em 20/09/2018) que inicialmente tinha o objetivo de promover o ensino de computação para escolas de baixa renda e para isso precisaria de uma solução de baixo custo. Em 2006 o projeto foi conceituado baseando-se no microcontrolador Atmel ATmega644. Porém só em 2011 o projeto começou a gerar frutos, com a disponibilização de algumas placas. Assim ocorreu o pré-lançamento do modelo A, que possuía 256 Mb de memória RAM e uma entrada USB. Em 2012 foi lançado o modelo B com memória de 512 Mb e duas entradas USB.

Na Figura 22a está ilustrado o Raspberry Pi 1 modelo B, que foi produzido com um único chip da Broadcom, o BCM2835, com um processador ARM de 700 MHz e 512 Mb de memória RAM. O modelo ainda possui duas entradas USB, uma saída HDMI, uma porta Ethernet, uma saída de áudio RCA, uma saída de vídeo composto, uma entrada para câmera, uma saída para display e oito pinos de GPIO (General Purpose Input/Output - Pinos de entrada/saída de propósito geral).



a) Raspberry Pi 1 modelo B



b) Raspberry Pi 1 modelo B+



c) Raspberry Pi 3



d) Raspberry Pi zero

Figura 22: Modelos Raspberry Pi (Fonte: www.raspberrypi.org acesso em 28/08/2018).

Em 2014 o modelo B+, ilustrado na Figura 22b, foi lançado com a adição de 2 portas USB e 32 GPIOs. O modelo 2, foi lançado em 2015, alterando o processador para um ARM-cortex A7 quad-core operando a 900 MHz e 1Gb de memória RAM. Já em 2016 veio o modelo 3, ilustrado na Figura 22c, com um processador ARM-cortex A53 quad-core com instruções de 64 bits e 1,2 GHz. Na mesma época foi lançado o modelo Raspberry Pi zero, ilustrado na Figura 22d, que é uma versão econômica e menor, custando 5 Dólares e encontrado no Brasil por aproximadamente 100,00 reais. (www.filipeflop.com.br – acesso em 20/09/2018).

3.3 SOFTWARE DE GERENCIAMENTO

Esta seção abordará as etapas de desenvolvimento de software, desde sua concepção até a implantação com testes. Serão mostrados os passos que devem ser seguidos para um desenvolvimento de software seguro e coerente com as expectativas das partes interessadas.

3.3.1 Projeto de Software

O desenvolvimento de software passa por etapas imprescindíveis: a primeira é a Análise do Negócio, que é o entendimento do problema e tem por objetivo familiarizar os desenvolvedores com o ambiente em que o software será utilizado; a segunda é Análise do Sistema e Arquitetura, que é necessária para o levantamento das regras de negócio que nortearão o desenvolvimento; a terceira é o Projeto Lógico, que especifica as estruturas do código; a quarta é a Codificação, que é o resultado real de um projeto de software; e por último os Testes, que ocorrem durante todo o processo de codificação da aplicação e devem validar as respostas esperadas. Na Figura 23 está ilustrado um diagrama com as etapas de desenvolvimento de software (SOMMERVILLE, 2007; TONSIG, 2008; PAULA, 2009; PRESSMAN, 2011).

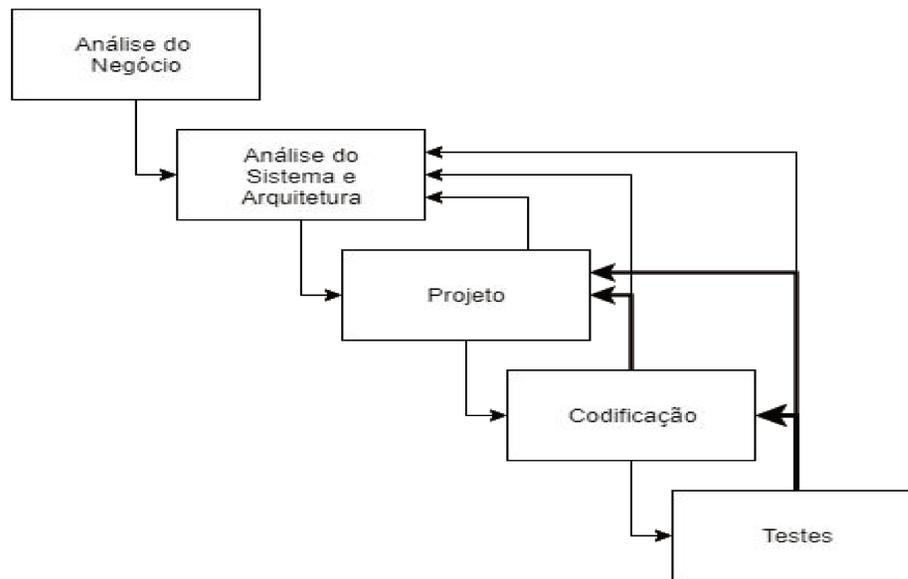


Figura 23: Etapas de Desenvolvimento de Software (Fonte: Autor).

3.3.1.1 Análise do Negócio

Nesta primeira fase, os requisitos de negócios são reunidos. Será definido o foco principal dos gerentes de projeto e das partes interessadas. Nesta fase devem ser realizadas reuniões com gerentes, acionistas e usuários para determinar os requisitos como: 1) Quem vai usar o sistema; 2) Como vão usar o sistema; 3) Quais dados devem ser inseridos no sistema; e 4) Quais dados devem ser enviados pelo sistema. Essas são perguntas gerais que são respondidas durante a fase de coleta de requisitos. Após a coleta, esses requisitos são analisados quanto à sua validade e a possibilidade de serem incorporados ao sistema a ser desenvolvido (SOMMERVILLE, 2007; TONSIG, 2008; PAULA, 2009; PRESSMAN, 2011).

Como resultado deste processo, é criado um documento de especificação de requisitos, que serve como diretriz para as próximas fases do desenvolvimento.

3.3.1.2 Análise do Sistema e Arquitetura

Nesta segunda fase, é realizado o projeto do sistema e do software a partir das especificações de requisitos que foram coletadas e estudadas na primeira fase. O projeto do sistema ajuda na especificação dos requisitos de hardware, sistema e definição da arquitetura geral. As especificações de projeto de sistema servem como entrada para a próxima fase do modelo (SOMMERVILLE, 2007; TONSIG, 2008; PAULA, 2009; PRESSMAN, 2011).

Com base nos requisitos especificados, geralmente mais de uma abordagem de projeto para a arquitetura do produto é proposta e documentada. É feita uma revisão deste documento por todas as partes interessadas e, baseando-se em vários parâmetros tais como avaliação de risco, robustez de produto, modularidade, restrições de orçamento e tempo, e então é selecionada a melhor abordagem de projeto para o produto (SOMMERVILLE, 2007; TONSIG, 2008; PAULA, 2009; PRESSMAN, 2011).

3.3.1.3 Projeto Lógico

Na construção do projeto lógico, o sistema é dividido em módulos ou unidades para facilitar a codificação. O projeto de arquitetura define claramente todos os módulos do software produto, assim como sua representação de fluxo de dados e comunicação com os módulos externos e de terceiros. A arquitetura interna de todos os módulos propostos deve ser claramente definida com o máximo de detalhamento (SOMMERVILLE, 2007; TONSIG, 2008; PAULA, 2009; PRESSMAN, 2011).

Durante esta fase são desenvolvidos os fluxogramas de funções propostas na arquitetura do sistema. O resultado desta fase é de extrema importância para a próxima fase, pois com um fluxograma bem elaborado, o programador se abstém de muitos problemas relacionados à lógica (SOMMERVILLE, 2007; TONSIG, 2008; PAULA, 2009; PRESSMAN, 2011).

3.3.1.4 Codificação

Nesta etapa, o desenvolvimento real é iniciado e o software produto é construído. Durante este estágio, o código de programação é gerado de acordo com os documentos de requisitos, arquitetura e lógica. Se o projeto for executado e documentado de maneira detalhada e organizada, a geração de código pode ser realizada sem muita complicação (SOMMERVILLE, 2007; TONSIG, 2008; PAULA, 2009; PRESSMAN, 2011).

Os desenvolvedores devem seguir as diretrizes de codificação definidas por sua organização e as ferramentas de programação, como compiladores, interpretadores e depuradores que são usados para geração de código. Diferentes linguagens de programação de alto nível como C, C++, Python, Java, PHP, Ruby, NodeJS são usadas para codificação. A linguagem de programação é escolhida em relação ao tipo de software que está sendo desenvolvido (SOMMERVILLE, 2007; TONSIG, 2008; PAULA, 2009; PRESSMAN, 2011).

Alguns exemplos de linguagens de programação de acordo com sua melhor afinidade:

- ◆ Desenvolvimento de front-end: JavaScript, HTML, CSS;
- ◆ Desenvolvimento de back-end: Java, PHP, C, C++, Python, Ruby, NodeJS e C#;
- ◆ Desenvolvimento mobile: Java, Swift, Objective-C e JavaScript;
- ◆ Computação Científica: Python, C, C++, Matlab, Fortran, R.

3.3.1.5 Testes

Este estágio ocorre em todas as etapas de desenvolvimento do software, onde os defeitos do produto são testados, reportados, rastreados, corrigidos e testados novamente, até que o produto atinja os padrões de qualidade definidos (SOMMERVILLE, 2007; TONSIG, 2008; PAULA, 2009; PRESSMAN, 2011).

O teste de software é realizado constantemente durante a fase de codificação pelos desenvolvedores e, para a realização de testes mais completos, é necessário que se teste o código em vários níveis como: teste de módulo, teste de programa, teste de produto, teste interno e teste do produto final junto ao usuário. A descoberta antecipada de erros e falhas no software são a

chave para um produto confiável (SOMMERVILLE, 2007; TONSIG, 2008; PAULA, 2009; PRESSMAN, 2011).

4 MAPEAMENTO DO AMBIENTE

4.1 METODOLOGIA

Foi realizado um estudo do ambiente hospitalar através da análise de documentos dos processos internos, múltiplas visitas à CME e observações no local, estudo da legislação e discussão com responsáveis técnicos. A partir desta investigação foi feito o desenho do processo atual. Para isso foi utilizado um programa específico para o registro de processo e desenho de fluxogramas (Microsoft Visio).

Após o entendimento do processo, foi discutido um novo fluxo a ser implementado juntamente com as novas tecnologias propostas. Essa etapa foi registrada e aprovada após diversas reuniões com os envolvidos. Nessa etapa foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- ◆ Análise do fluxo de trabalho, processos internos e regras de negócios;
- ◆ Desenho do processo atual;
- ◆ Definição e desenho do novo processo.

4.2 RESULTADO I: AMBIENTE MAPEADO

O HES (Hospital Estadual Sumaré Dr. Leandro Franceschini) possui 10 especialidades cirúrgicas listadas a seguir:

- ◆ Neurocirurgia;
- ◆ Cirurgia Vascular;
- ◆ Cirurgia Plástica;
- ◆ Cirurgia Geral com Cabeça e pescoço;
- ◆ Urologia;
- ◆ Pediatria;
- ◆ Otorrinolaringologia;
- ◆ Oftalmologia;
- ◆ Ginecologia e Obstetrícia;
- ◆ Ortopedia.

Há uma estimativa de 22.000 itens cirúrgicos que são passíveis de reprocessamento. Estes itens estão distribuídos de forma não uniforme e contemplando as especialidades cirúrgicas apontadas anteriormente.

A CME funciona em três turnos, com a seguinte distribuição de funcionários:

Manhã	Tarde	Noite
1 enfermeiro supervisor	1 enfermeiro	5 Auxiliares
8 Auxiliares	11 Auxiliares	1 Auxiliar folguista

Para efeito de análise, a CME foi dividida em 5 áreas distintas:

- ◆ Expurgo: 7,55 m²;
- ◆ Secagem: 7,93 m²;
- ◆ Preparo: 39,64 m²;
- ◆ Esterilização: 39,58 m²;
- ◆ Arsenal: 51,64 m².

A CME fornece material esterilizado para o Centro Cirúrgico do HES, para o AME (Ambulatório Médico de Especialidades) de Santa Bárbara do Oeste, AME de Piracicaba (somente esterilização), SAMU (Serviço de Atendimento Móvel de Urgência) de Sumaré e eventualmente serviços externos com produção anual de aproximadamente 23.600 caixas esterilizados.

Trabalha com material consignado, isto é, depositado na CME por empresas fornecedoras que cobram apenas pelos itens utilizados nos procedimentos cirúrgicos. Para este tipo de material há dois modelos:

- ◆ Consignado permanente - aquele onde as caixas ficam nas dependências do HES e o fornecedor periodicamente faz a reposição, na CME, dos itens utilizados;
- ◆ Consignado esporádico - aquele onde as caixas são levadas ao HES sob demanda específica para um determinado procedimento.

Os itens em consignação não são controlados na primeira fase de implantação do sistema aqui descrito.

4.2.1 Processos Gerais

Foram identificados e descritos três processos na CME:

- ◆ Processo normal de instrumentais: É o processo dentro da CME que trata de materiais próprios e rotineiros e que depende somente da estrutura do HES;
- ◆ Processo de material consignado permanente: É o processo que envolve empresas terceiras. Essas empresas possuem contrato para deixar caixas cirúrgicas completas em comodato no HES. Após o uso, as empresas fazem a reposição dos materiais utilizados nas cirurgias e efetuam a cobrança dos referidos materiais.
- ◆ Processo de material consignado esporádico: É a solicitação de caixas cirúrgicas a empresas externas e de uso esporádico. A empresa deixa a caixa cirúrgica no HES para uso, após procedimento a caixa é retirada e cobrado as peças utilizadas. Esse processo requer aprovação da administração do HES.

4.2.2 Sistemas em Operação

A CME possui dois sistemas de informação (programas) em operação:

1) Sistema MV 2000: ERP (*Enterprise Resource Planning*) comercial usado em vários setores do HES, inclusive na CME, que utiliza esse sistema para:

- ◆ Gerar as solicitações para compra de materiais;
- ◆ Imprimir relatório do planejamento cirúrgico.

2) Sistema da CME: Este sistema foi desenvolvido internamente pelo setor de informática do HES e é o principal sistema utilizado na CME.

O Sistema possui as seguintes interfaces:

- ◆ Cadastro geral:
 - √ Caixas cirúrgicas;
 - √ Tipos de caixa;
 - √ Setores (informação retirada do banco de dados do Sistema MV 2000);

- ✓ Associação (relaciona cada caixa a um único tipo);
- ✓ Para o cadastro de caixas há um campo do tipo texto onde são descritos todos os instrumentais que fazem parte da respectiva caixa.

◆ Processos:

- ✓ Quando as caixas são preparadas, os colaboradores localizam a caixa no sistema e imprimem um relatório com a relação dos instrumentos da caixa (romaneio) previamente cadastrados. Juntamente com a impressão do romaneio, também é impresso uma etiqueta com código de barras que o sistema também gera. Esse código é uma identificação única do processo daquela caixa para efeito de rastreabilidade e é impresso também na folha de romaneio.
- ✓ Para o processo de esterilização em autoclave, as caixas são embaladas e a etiqueta com código de barras, gerada no processo anterior, é colada do lado de fora da embalagem. Esta etiqueta serve para identificar a caixa durante a montagem do lote de esterilização. Cada caixa é colocada no carrinho que será inserido na autoclave;
- ✓ Inserção de informações do processo de esterilização é realizada durante o ciclo de esterilização e ao seu término. As informações adicionadas via estação de trabalho são: a hora de início do ciclo, a temperatura, a pressão da câmara interna, a pressão da câmara externa e a hora de término do processo.
- ✓ Ao final da esterilização, é impressa uma folha de resumo da mesma, que é arquivada para posterior rastreabilidade. A partir deste momento as caixas são armazenadas em arsenal e ficam disponíveis para despacho e utilização.
- ✓ Na saída de materiais do arsenal existe uma estação de trabalho para que o funcionário seja capaz de registrar o despacho de um material para utilização, realizando a leitura das caixas com código de barras e indicando ao sistema qual o setor demandante.
- ✓ Retorno de caixas é realizado no expurgo da CME e o seu controle ocorre lendo-se o código de barras fixado durante o processo de preparo. O sistema, então, dá entrada da caixa com os respectivos instrumentos, para a CME.
- ✓ Relatórios do sistema: total de saídas por setor, total de caixas por tamanho, caixas que não voltaram para CME, produção.

4.2.3 Processo atual

Na Figura 24 está ilustrado o fluxograma que representa o processo geral da CME. Iniciando na área do expurgo, os materiais passam pelo processo de recebimento de materiais, verifica-se a existência ou não de um documento de avaliação de caixa cirúrgica (Anexo A), onde se indica se há peças avariadas. Se existir tal documento, a(s) peça(s) nele indicada(s) devem ser lavadas separadamente e enviadas para o processo de manutenção juntamente com o documento de avaliação. As peças que não apresentam dano significativo passam por processo de limpeza manual. Após a primeira limpeza, é verificado o estado de criticidade dos materiais, separando-os em críticos e não críticos.

Os materiais críticos e os materiais não críticos que ainda apresentarem sujidades, mesmo após o processo de limpeza manual, são postos de molho em solução enzimática. Todos os materiais limpos são postos em cestos aramados e colocados na termodesinfectora para realização do processo de desinfecção. Em seguida, ocorre o processo de secagem, que é realizado com ar comprimido. Se necessário, também é realizada lubrificação dos materiais.

Ainda usando a Figura 24, a área de preparo, indicada no segundo bloco vertical, recebe os materiais provenientes dos processos de limpeza avulsa, de manutenção ou de secagem. Todos os materiais são posicionados no local de trabalho, os funcionários utilizam o sistema para gerar as listas de preparo, que indicam os materiais pertencentes a uma determinada especialidade (caixa). As caixas demandadas são preparadas com os materiais de acordo com uma lista e simultaneamente é realizada uma inspeção visual em cada peça. No caso de itens com dano significativo ou sujidades, estes retornam para os processos de manutenção e limpeza respectivamente.

Caso algum material esteja faltando para completar a caixa, verifica-se a existência do mesmo na colmeia (estoque), este material é enviado para o processo de limpeza avulsa e posteriormente introduzido na caixa incompleta. A caixa completa é embalada com algum invólucro protetor, podendo este ser campo cirúrgico, SMS (Spunbond-Meltblown-Spunbond – material próprio, de polipropileno, para uso em CMEs) ou papel grau cirúrgico.

Após o preparo, as caixas seguem para o processo de esterilização e este processo é monitorado durante toda sua duração. Se este processo ocorrer com sucesso, as caixas são entregues para o arsenal e ficam disponíveis para despacho aos diversos setores que utilizam os

materiais. O processo de esterilização é delicado e necessita de vários métodos de conferência. No caso deste ambiente mapeado, são utilizadas fitas indicadoras de esterilização, que mudam de cor quando a esterilização é bem-sucedida.

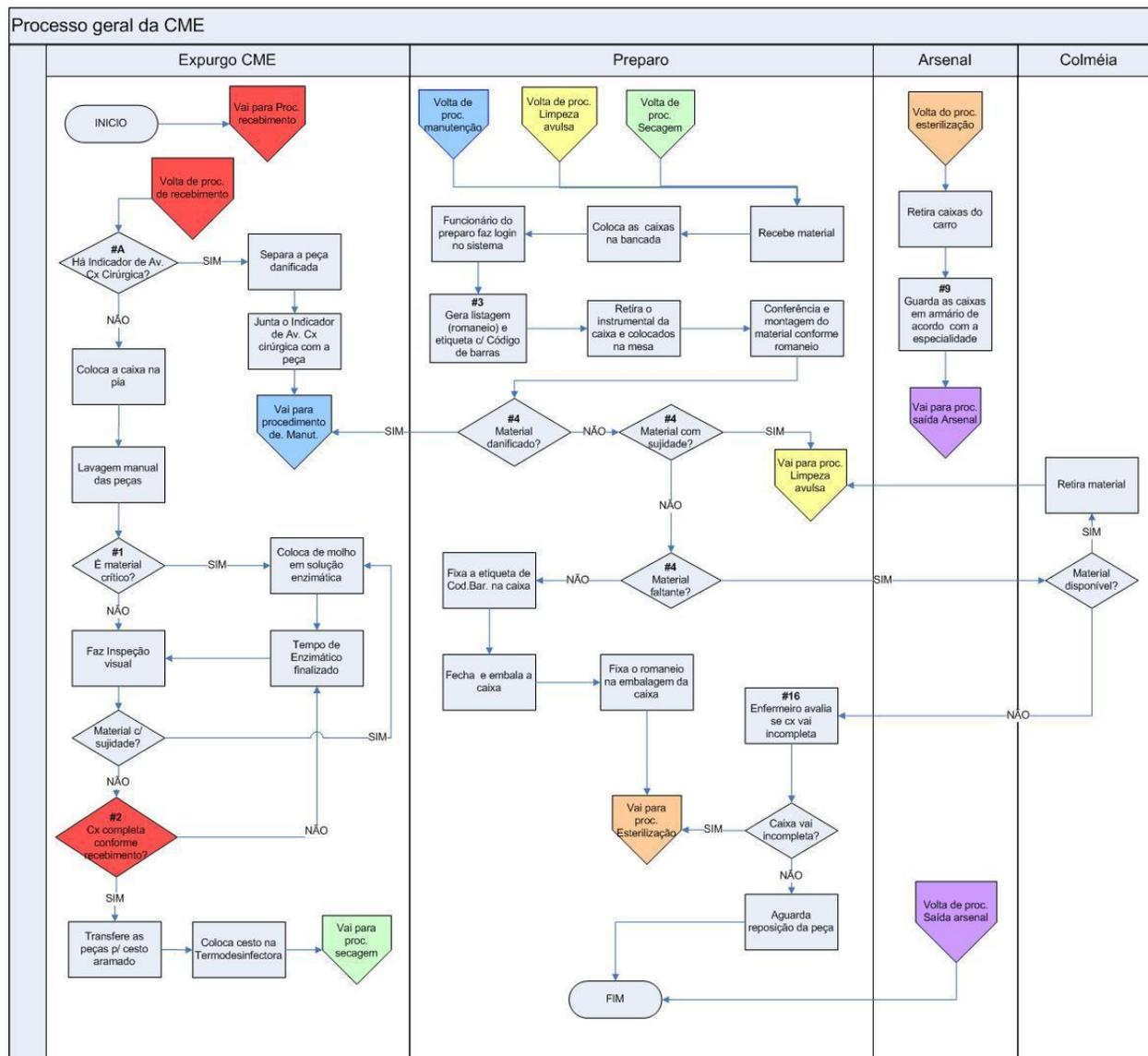


Figura 24: Processo geral de esterilização de materiais na CME.

Detalha-se na Figura 25 o processo de recebimento de materiais já utilizados e que serão limpos e desinfetados novamente. O Centro Cirúrgico e o Centro Obstétrico recebem a visita de um funcionário da CME que, em horários pré-estabelecidos, recolhe os materiais usados e os leva até o expurgo da CME. Os demais setores encaminham as caixas através de seus próprios

funcionários, também em horários pré-estabelecidos. As caixas que possuem código de barras devem ser registradas, como entregues, no sistema.

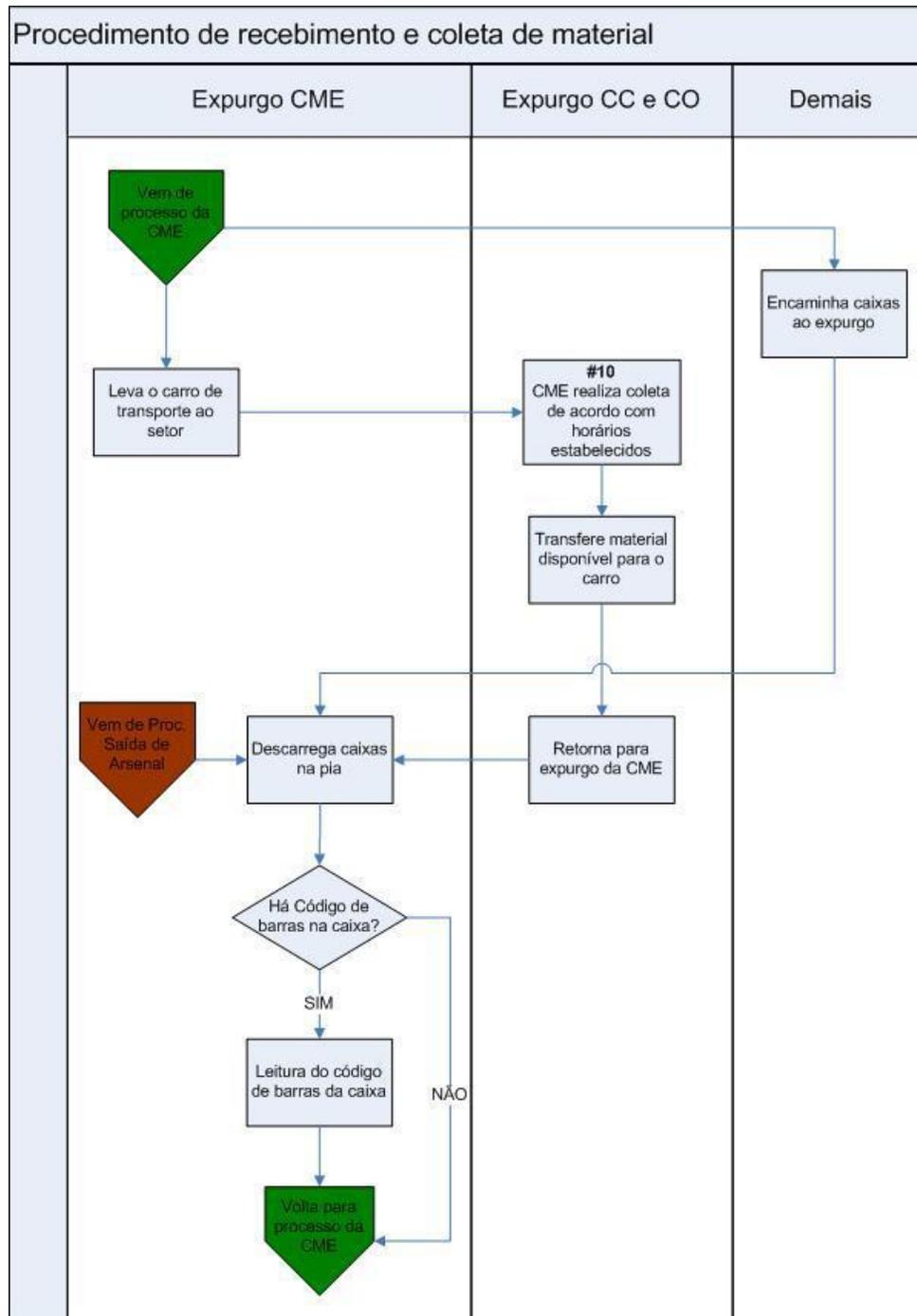


Figura 25: Procedimento de recebimento e coleta de material.

No processo de secagem (Figura 26), os materiais são secados com ar comprimido e, se necessário, também são lubrificados. Estes materiais são postos novamente dentro das caixas, de

preferência, nas caixas a que eles pertenciam, porém não obrigatoriamente pois um processo de conferência e montagem será realizado posteriormente.

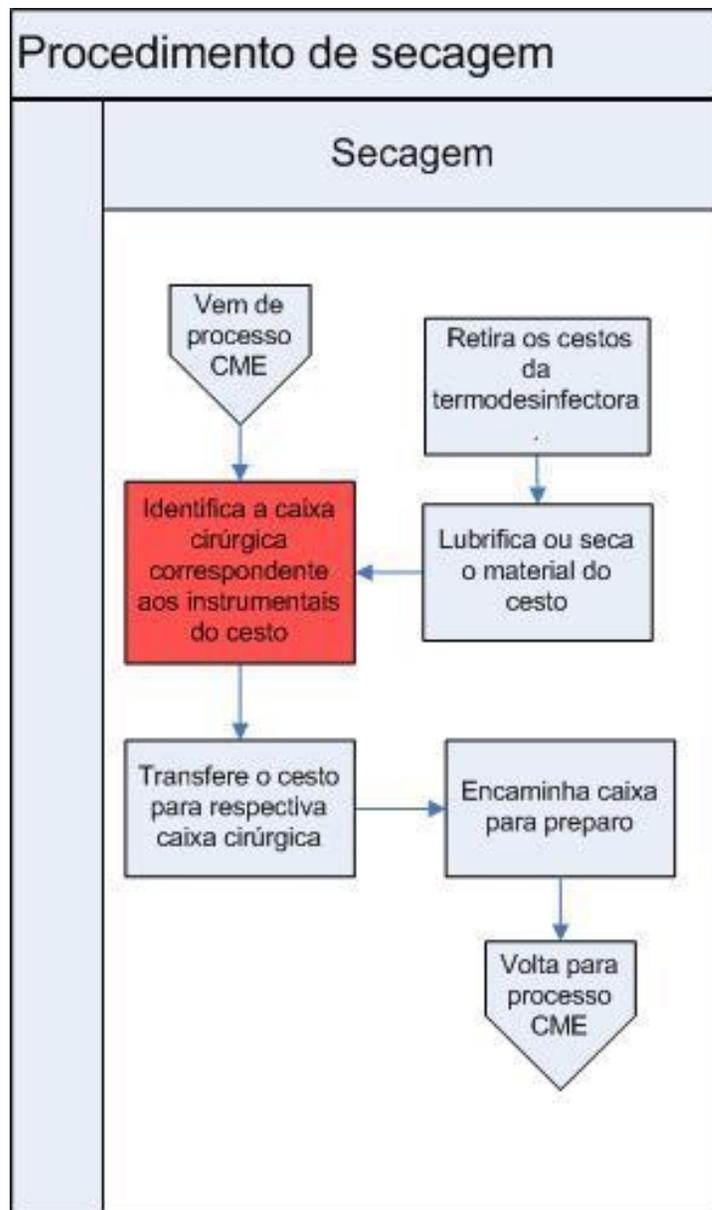


Figura 26: Procedimento de secagem.

O processo de esterilização ocorre entre a área de preparo e o arsenal, como uma barreira física. O fluxograma deste processo é ilustrado na Figura 27. As caixas preparadas são separadas em lotes, que são postos em carrinhos que entram nas autoclaves para a realização da esterilização. Uma etiqueta de lote é impressa e colada em cada uma das caixas que compõem o lote. Ao final do ciclo de esterilização, algumas informações devem ser inseridas no sistema:

temperatura do ciclo, pressão das câmaras e horário inicial e final do ciclo. Devem ser conferidas as fitas indicativas para validação do processo de esterilização.

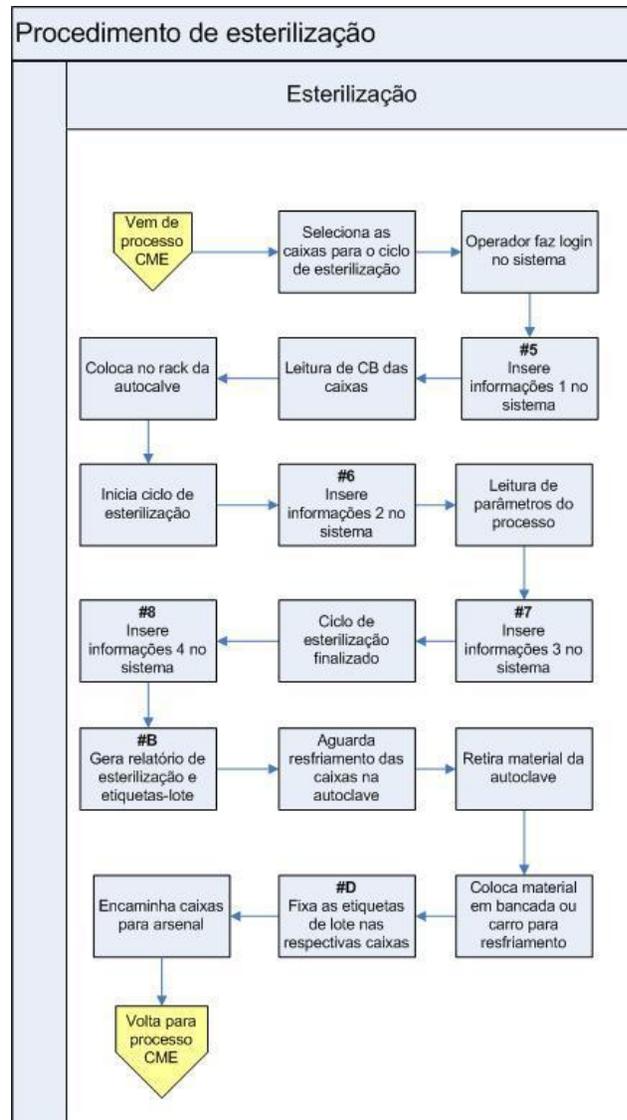


Figura 27: Procedimento de esterilização.

Após a esterilização, os materiais ficam em repouso para que retornem à temperatura ambiente e são encaminhados para o arsenal, onde ficam disponíveis para despacho aos diversos setores que os utilizam. Na Figura 28 está ilustrado o procedimento de saída de caixas do arsenal. Os diversos setores do hospital podem solicitar material verbalmente ou por escrito. Os funcionários do arsenal separam o material solicitado (certificando-se que o processo de esterilização está no prazo de validade) e acessam o sistema para registrar o evento de despacho,

com as seguintes informações: Setor solicitante e material solicitado (registrado através do seu código de barras). Se a data de validade, estiver vencida o material deve ser encaminhado ao expurgo da CME para reprocessamento.

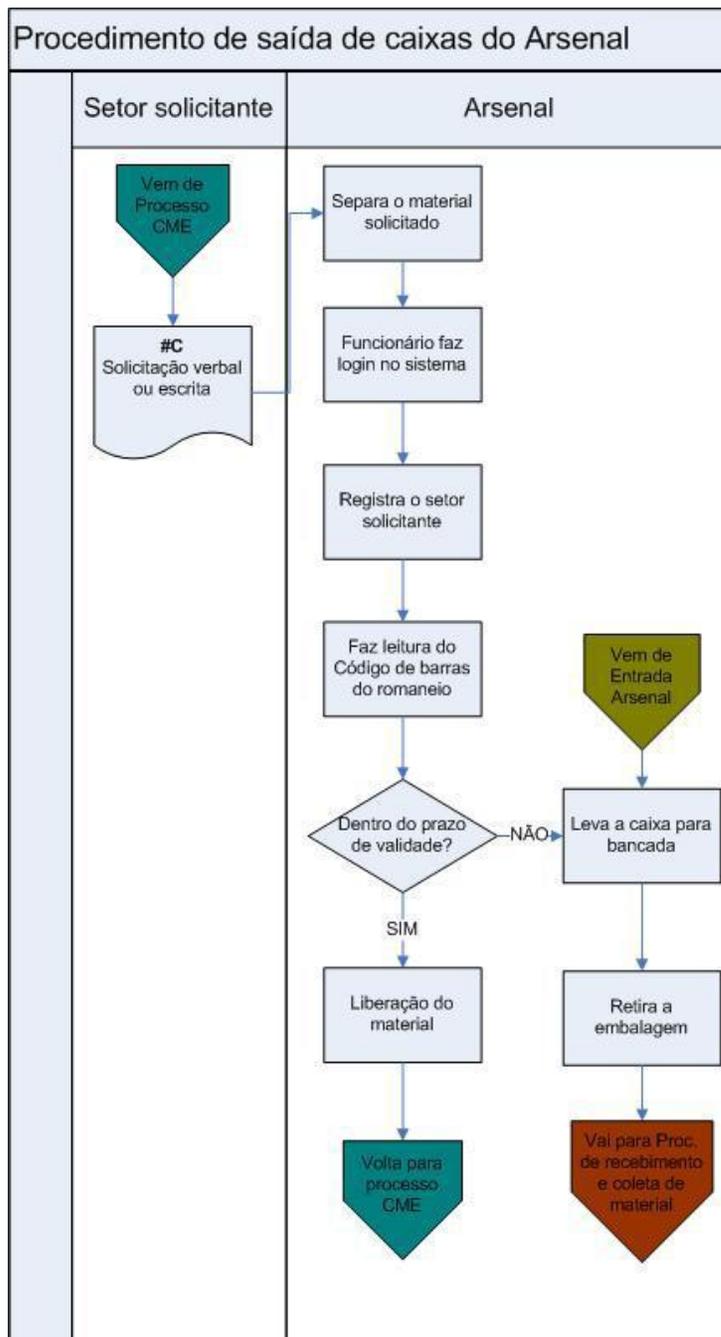


Figura 28: Procedimento de saída de caixas do arsenal.

Na Figura 29 está ilustrado o procedimento de entrada de material no arsenal. Este processo é chamado de devolução, pois retrata o cenário de uma caixa que foi emprestada a algum setor e este não a utilizou. Então, o setor poderá devolver a caixa ao arsenal se a mesma ainda se encontra dentro do prazo de validade, senão esta é encaminhada ao expurgo da CME para reprocessamento.

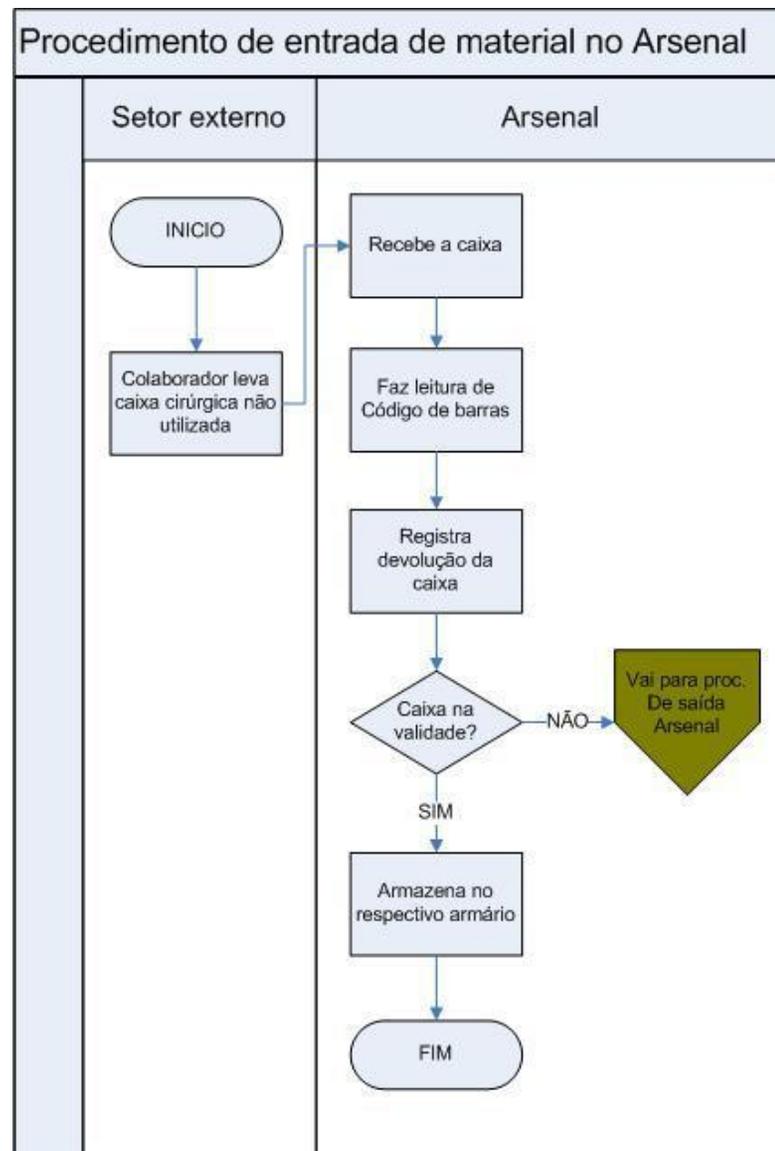


Figura 29: Procedimento de entrada de material no arsenal.

Na Figura 30 está ilustrado o fluxograma do procedimento de manutenção de instrumentos. As avarias podem ser identificadas, na CME, em dois momentos: 1) ao entrarem no expurgo juntamente com o documento de avaliação; ou 2) na área de preparo, durante o processo

de inspeção visual. Os materiais avariados são separados e mensalmente é feito um levantamento para identificar os materiais que passarão por manutenção. Este levantamento é digitado na administração da CME e volta para a área de preparo para a separação do material. Os enfermeiros conferem e liberam o material para que uma empresa externa o retire. Após a manutenção, o material é conferido e aprovada ou não o serviço realizado pela empresa externa.

O material que não pode ser reparado e não estiver em conformidade segue para descarte. O material que puder ser recuperado, segue para a colmeia ou para a respectiva caixa em que faltava tal material (após limpeza).

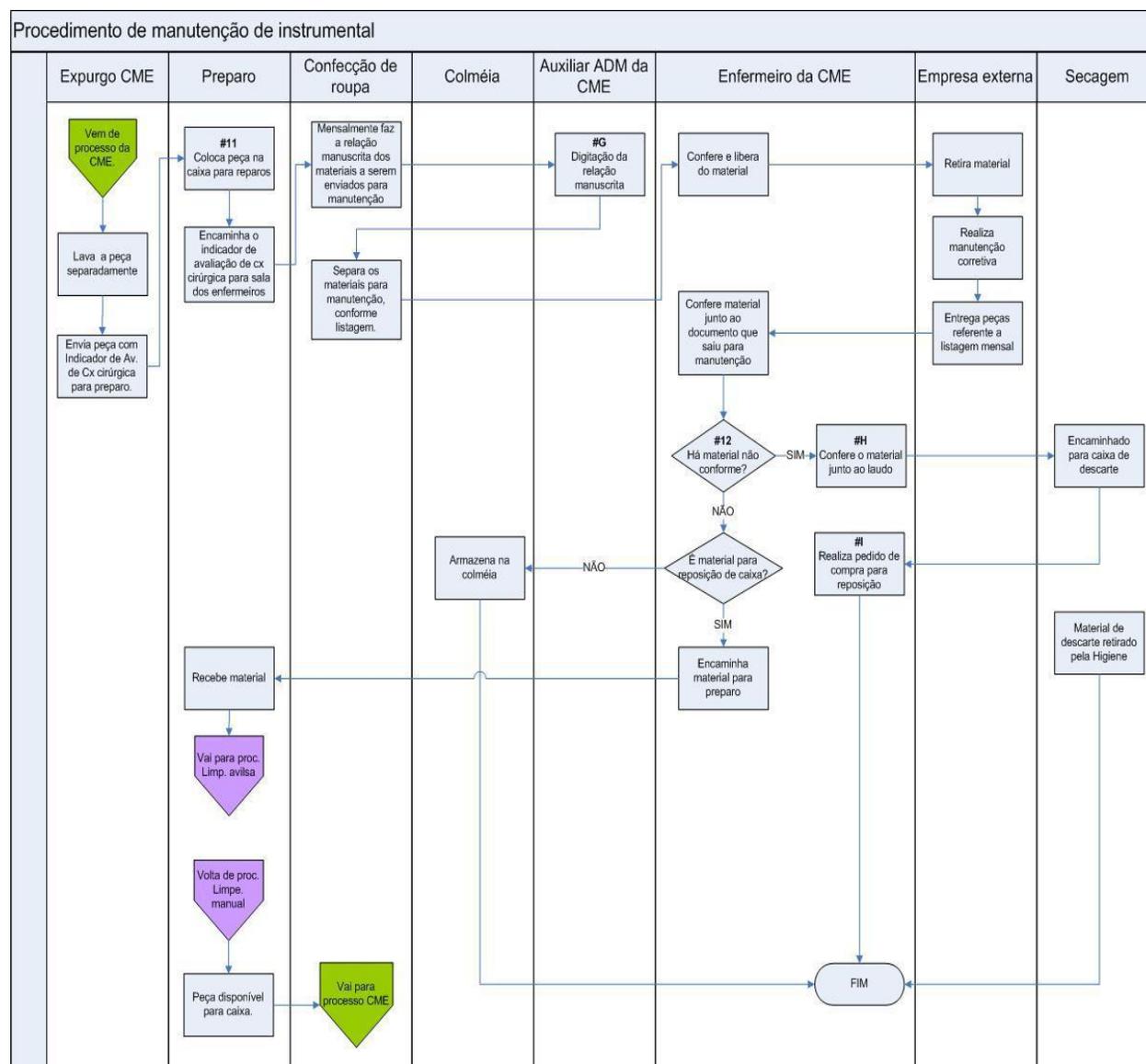


Figura 30: Procedimento de manutenção de instrumental.

O procedimento de limpeza avulsa está ilustrado na Figura 31. Este fluxograma representa a limpeza de material isolado, quando este não chega em uma caixa usada por algum setor do hospital. Este procedimento ocorre quando uma caixa com material vem da manutenção ou quando são identificadas sujidades remanescentes durante a inspeção visual do material na área de preparo.

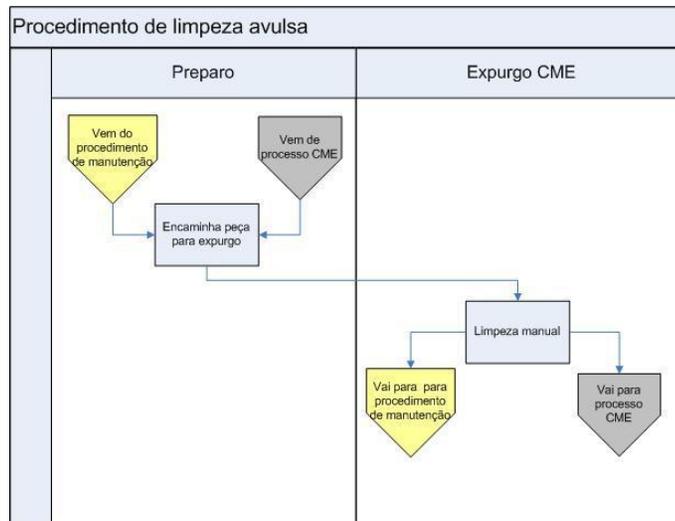


Figura 31: Procedimento de limpeza avulsa.

Com a realização deste levantamento foram identificados diversos pontos de melhoria: 1) a identificação de cada item com código *DataMatrix* e de caixa montada com etiqueta RFID, aumentando a capacidade de rastreabilidade de cada instrumento cirúrgico e de um conjunto deles em qualquer setor do hospital; 2) após a utilização dos instrumentos cirúrgicos e/ou entrada de novos materiais, passa a ser assistido pelo novo sistema automático de identificação, sendo necessário a leitura dos códigos gravados nas peças; 3) montagem e preparo feitos através de lista dinâmica visualizada em monitores e utilizando os leitores *DataMatrix* e RFID; e 4) verificação de final de ciclo de esterilização através de leitores RFID.

4.3 RESULTADO II: NOVO PROCESSO

Os processos descritos na seção anterior sofreram alterações para a adaptação ao novo sistema desenvolvido. Na Figura 32 é mostrado o novo processo com os equipamentos

incorporados ao sistema de rastreabilidade do material cirúrgico. A primeira mudança ocorre na recepção do material, que será realizada por meio de um leitor RFID, que irá identificar a entrada de material no expurgo da CME e o processo de limpeza ocorre como no processo atual. Há uma estação de trabalho, composta por um computador com monitor, teclado e mouse, que será utilizada para registrar a entrada de material e outras informações. Esta estação de trabalho será utilizada para a interação do usuário com o sistema desenvolvido.

A segunda mudança está presente no preparo do material, que será assistido por uma estação de trabalho em cada mesa de preparo, estação esta composta por um computador com monitor, teclado, mouse, leitor RFID portátil e leitor *DataMatrix*. Optou-se por manter os documentos e etiquetas impressos neste processo, porém, substituindo o código de barras pelo código *DataMatrix* como código impresso.

No novo processo de esterilização a montagem do lote é realizada usando o código *DataMatrix* para registro no sistema e não mais o código de barras. Ainda será necessário informar ao novo sistema de informação os dados sobre a esterilização (temperatura, pressão das câmaras interna e externa e horário de finalização do ciclo).

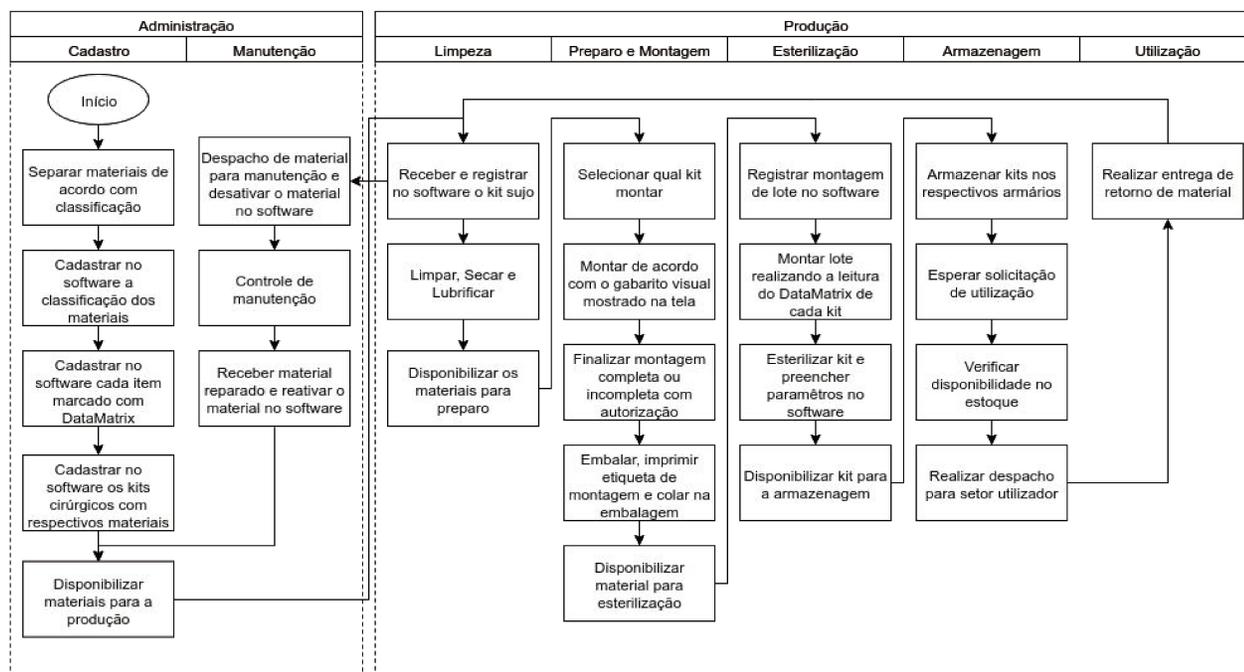


Figure 32: Novo diagrama de processos.

No Arsenal da CME há uma estação de trabalho que será utilizada para acessar o novo sistema e realizar o processo de despacho de material. No setor que solicitou o material, um usuário deve acessar o sistema desenvolvido para registrar o material utilizado com o número do atendimento em que este foi utilizado.

Na saída do setor solicitante, existe uma área de expurgo, que é de responsabilidade da CME. Na entrada desta área há uma barreira de leitura RFID que registra a entrada de material já utilizado e disponível para retirada pela CME.

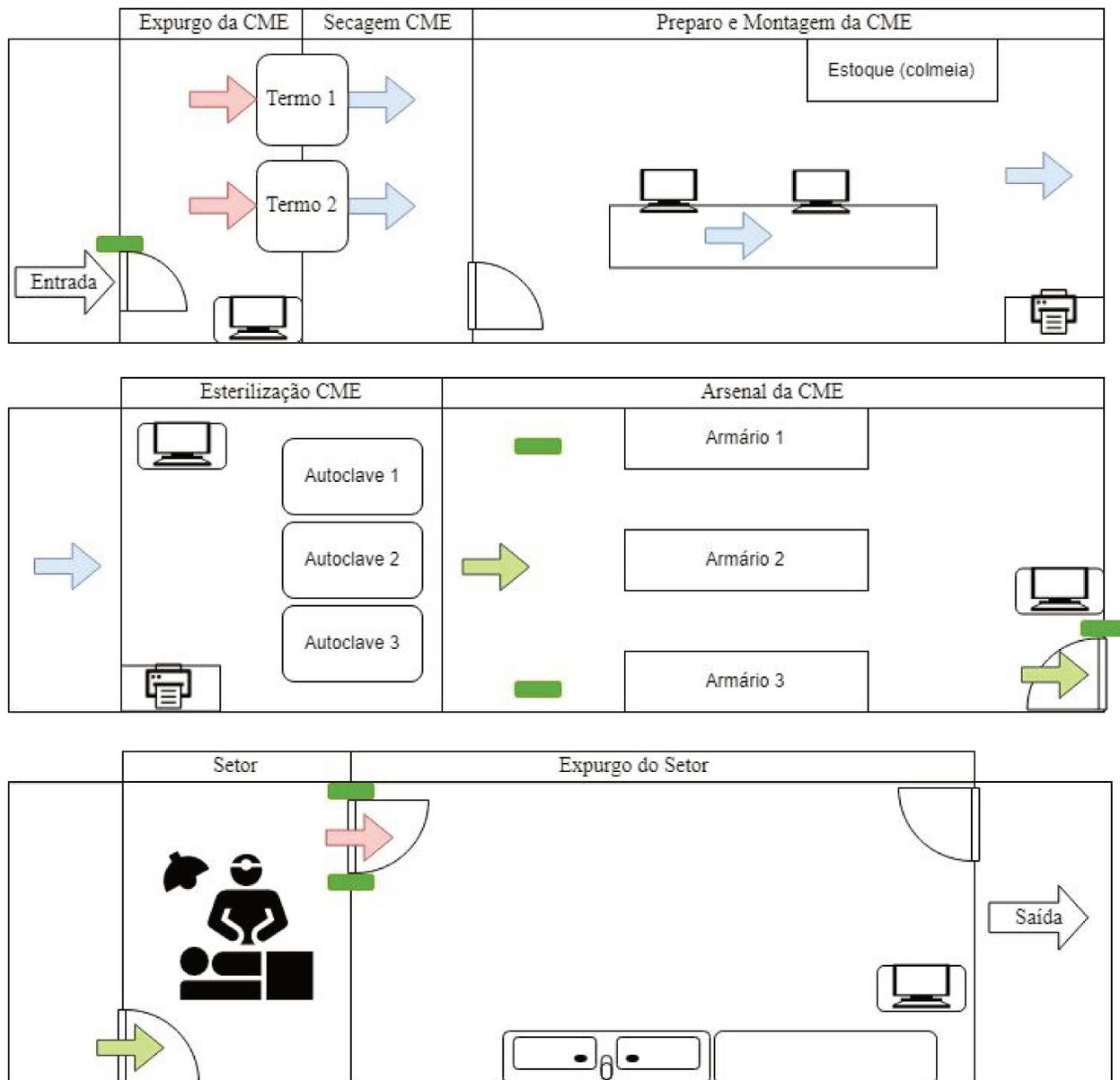


Figura 32: Novo diagrama de infraestrutura da CME (Fonte: Autor).

Na Figura 33 está ilustrado a infraestrutura com os equipamentos adicionados. Os equipamentos são utilizados para que os usuários possam acessar o sistema e interagir com o mesmo. Ainda na Figura 33, identificamos os leitores RFID pelos retângulos verdes. Os monitores representam as estações de trabalho, que serão melhor abordadas posteriormente.

4.4 CONCLUSÃO

Neste capítulo foram apresentados o fluxo de materiais vigente na CME do HES e a nova proposta de fluxo integrada com as novas tecnologias. Observa-se que não houve grandes mudanças no fluxo, pois o mesmo é definido em legislação e possui particularidades indispensáveis. Em certos pontos do processo, que são realizados manualmente e praticamente sem auxílio de equipamentos, foram adicionadas estações de trabalho. No novo esquema de trabalho, foram adicionados leitores RFID e *DataMatrix*. Além disso, a área de preparo e montagem apresenta uma estação de trabalho para auxiliar o reconhecimento dos materiais através de fotos mostradas na tela durante a montagem. Esta e outras funções adicionadas ao fluxo serão abordadas no capítulo 6, referente a software.

5 TECNOLOGIAS DO SISTEMA

Este capítulo versa sobre a metodologia de escolha e testes das tecnologias do sistema desenvolvido, mostrando como foram realizadas as validações em laboratório afim de simular sua utilização e funcionamento em ambiente real, assim como os resultados dos testes.

5.1 METODOLOGIA

Primeiramente foi realizada uma pesquisa de mercado para identificar as tecnologias de rastreamento que melhor se enquadrariam ao ambiente de CME. Parte do sistema envolvendo eletrônica e dispositivos de leitura precisavam ser resistentes a ambiente inóspito (alta temperatura, mudanças bruscas de pressão e alta umidade do ar). Outros dispositivos (etiquetas de identificação) e forma de marcação de código de identificação dos instrumentos cirúrgicos deveriam ser capazes de suportar o processo comum de limpeza, desinfecção e esterilização de uma CME. Considerando a rotina de trabalho da CME, onde ocorre a limpeza de materiais com produtos químicos e água, esterilização em autoclave e impactos mecânicos, foram utilizados, em linhas gerais, os seguintes critérios para a escolha das tecnologias de identificação dos materiais: 1) resistência à limpeza com produtos químicos, 2) ser à prova d'água, 3) resistir a um número mínimo de processos de esterilização em autoclave, 4) ter baixo custo e 5) ter disponibilidade no mercado brasileiro.

5.1.1 Definições de Hardware

As duas tecnologias selecionadas para a realização deste projeto foram *DataMatrix* e RFID. Ambas são utilizadas para identificação de objetos, porém possuem diferença na forma de leitura. Para o *DataMatrix* é necessário visada direta, ou seja, o código deve estar visível para que o leitor consiga coletar a informação. Para o RFID não é necessário que o código esteja visível, já que ele está armazenado dentro de uma etiqueta eletrônica que responde através de radiofrequência.

Também identificamos a necessidade de estações de trabalho, que são os pontos de acesso ao sistema. São a principal interface com o usuário, onde ele poderá controlar as funções do software e visualizar o resultado destas ações de controle.

5.1.1.1 *DataMatrix*

5.1.1.1.1 *Metodologia*

Decidiu-se por não desenvolver *hardware* específico para marcação e leitura de código do tipo *DataMatrix* e sim utilizar leitores disponíveis no mercado brasileiro bem como empresas especializadas em serviços de marcação de códigos em instrumental cirúrgico. Porém, isto não foi possível, devido a aparente inexistência de fornecedores que possuíssem tal habilidade e/ou experiência.

Então, em resposta a este problema, foi necessária a realização de testes de leitura, onde foram fixados alguns parâmetros para a realização destes testes de forma controlada.

Os parâmetros que podem ser manipulados são: 1) tamanho do código, 2) tipo do código, 3) tipo de marcação e 4) leitor *DataMatrix*. Os parâmetros 1 e 2 são combinados de diversas formas, primeiramente o tamanho do código depende da quantidade de informação que está sendo gravada. Quão maior for a informação, maior será o número de células para codificá-la. O parâmetro 2 define se o código será quadrado ou retangular pois isso interfere diretamente no número de células.

O parâmetro 3 é referente ao tipo de marcação utilizada, sendo de comum acordo com os fornecedores, fundamentação teórica e entidades que padronizam o *DataMatrix*, que a melhor forma de marcar peças metálicas é por micropunção ou a laser. Por questões de conservação e higiene neste projeto foi escolhida a marcação a laser.

O parâmetro 4 foi definido por restrições financeiras, sendo buscado o leitor de maior custo-benefício e de acordo com as restrições orçamentárias do projeto, capaz de realizar leitura de forma rápida e segura.

5.1.1.1.2 Resultados

Inicialmente, a informação codificada a ser marcada nos instrumentos cirúrgicos ficou estabelecida de acordo com a classificação do material encontrada no controle interno do hospital. Para este trabalho, o código existente era extenso e na sua conversão para *DataMatrix* era necessário mais de 15 x 15 células para representá-lo (7 mm x 7 mm), passando dos limites das peças. Foi necessário adotar novo formato de identificação da informação de modo que o código gravado na peça ficou com dimensões de 4 mm x 4 mm, atendendo pelo menos 95% do total de peças a serem gravadas, podendo assim ser lido sem erro e mais rápido pelo leitor de *DataMatrix*.

O padrão adotado para que os requisitos pudessem ser atendidos está ilustrado na Figura 33, que mostra o formato da informação que é codificada em *DataMatrix*, com uma letra representa-se o local responsável pelo material, no caso “C” e, com 5 números que são incrementados sequencialmente de 00001 até 99999, representa-se a unidade de cada item. Portanto, não temos um código totalmente auto-identificável, sendo necessário o uso do software para ligar o produto ao código marcado na peça.

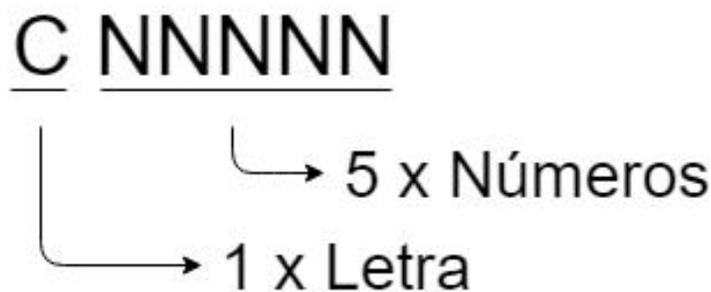


Figura 33: Formato da informação que é codificada em *DataMatrix* para gravação nas peças (Fonte: Autor).

Na Figura 34, temos alguns exemplos de instrumentos cirúrgicos marcados com código *DataMatrix*. Com base nesta marcação, verificamos a necessidade de um leitor mais específico já que, em um código gravado diretamente na peça, a leitura fica sujeita à falta de contraste, à existência de reflexão da luz, entre outras variáveis de ambiente.



Figura 34: Exemplos de código *DataMatrix* marcado em instrumentos cirúrgicos (Fonte: Autor).

Na Figura 35, está ilustrado o leitor de *DataMatrix* que foi escolhido como solução para este projeto. O leitor é do tipo DPM (Direct Part Marking), que é um modelo de leitor que possui um processo de leitura preparado para códigos marcados diretamente na peça.



Figura 35: Leitor *DataMatrix* DPM da fabricante Code® Corporation (Fonte: <http://www.codecorp.com>).

5.1.1.2 RFID

Esta seção foi dividida em duas partes: a primeira trata sobre a metodologia e resultados de testes do leitor RFID, a segunda sobre as etiquetas eletrônicas isoladamente e em conjunto.

Ambas as etapas foram iniciadas com uma pesquisa mercadológica para identificação de soluções que atendessem aos requisitos estabelecidos no documento de requisitos.

5.1.1.2.1 Metodologia: Leitor RFID

Através dos resultados obtidos no mapeamento de ambiente, foi possível identificar quais características o leitor RFID empregado neste projeto deveria ter, assim como a quantidade de leitores e antenas que deveriam ser instalados no hospital. Cada leitor RFID pode ter 1 ou mais saídas a serem conectadas a antenas.

Para a escolha do leitor, foram levados em consideração as seguintes características: 1) conectividade, 2) frequência de operação, 3) quantidade de antenas, 4) custo e disponibilidade no mercado brasileiro, 5) leituras simultâneas.

A característica 1 tem relação com as saídas do leitor, ou seja, como ele se comunica com o computador controlador, o qual irá requisitar a leitura e receber a informação lida. A característica 2 se refere à faixa de frequência homologada pela ANATEL e que apresente a maior distância de leitura possível (medida entre antena e etiqueta eletrônica). A característica 3 é a quantidade de pontos de leitura que um mesmo leitor pode ter. A característica 4 é importante por causa das restrições orçamentárias. A característica 5 está relacionada com a quantidade de etiquetas que o leitor consegue ler ao mesmo tempo, de acordo com fabricantes, dentro de 1 segundo.

5.1.1.2.2 Resultado: Leitor RFID

Na Figura 36 está ilustrado como solução para este projeto o Leitor RFID da fabricante Shenzhen Hopeland Technologies CO. Ele possui 4 saídas de antenas, interfaces RS485, RS232, *Ethernet* e USB. O *front-end* de RFID utilizado no leitor é da marca INPINJ, líder no mercado de RFID no mundo. Possui sistema operacional Linux acessível via *SSH (Secure SHell)* terminal. A potência de saída medida no conector do leitor é de 30 dBi no máximo e pode ser ajustada via

software, assim como pode-se ajustar o modo de leitura e parâmetros de conexão das interfaces RS232 e *Ethernet*.



Figura 36: Leitor RFID da fabricante Shenzhen Hopeland Technologies CO. (Fonte: <https://pt.hopelandrfid.com/>).

Na Figura 37 está ilustrada a antena utilizada junto ao leitor RFID. Ela possui 7,5 dBi de ganho de potência, é específica para frequências RFID UHF (902 - 928 MHz), possui polarização circular, abertura de feixes de 70° (77° vertical e 72° horizontal), 6 W de potência máxima de entrada, 50 Ω de impedância de entrada e possui encapsulamento de plástico e alumínio.



Figura 37: Antena RFID 7,5 dBi, UHF, mono-circular (Fonte: <http://www.acura.com.br/pt/produtos/antena/item/antena-monoestatica-125-dbi-4>).

Na Figura 38 está o diagrama de irradiação da antena de 7,5 dBi RFID UHF selecionada. A potência máxima permitida, somando o sinal medido na saída do leitor RFID com o ganho da

antena, não pode ultrapassar 36 dB. Portanto, foi necessário reduzir a potência de saída do leitor em 1 dB, considerando as perdas nos cabos e conectores de 0,5 dB.

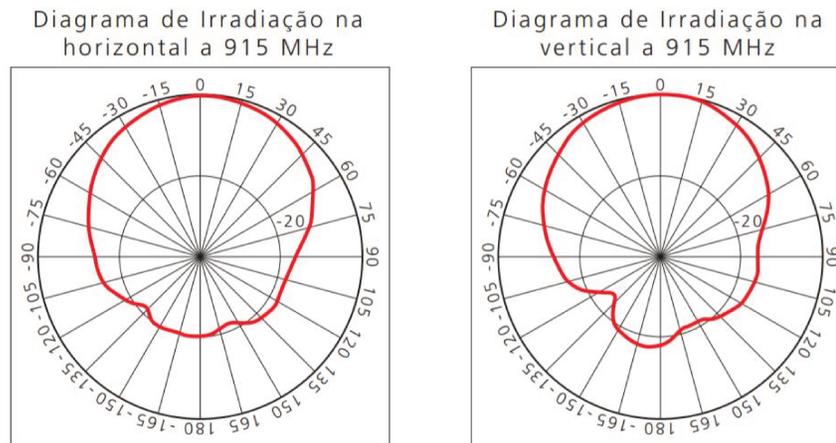


Figura 38: Diagrama de irradiação da antena de 7,5 dBi RFID UHF (Fonte: <http://www.acura.com.br/pt/produtos/antena/item/antena-monoestatica-125-dbi-4>).

5.1.1.2.3 Conclusão: *Leitor RFID*

Os testes com o leitor RFID foram realizados verificando a distância máxima que uma etiqueta conseguia ser lida. O leitor foi fixado em um suporte e a etiqueta foi movimentada de alguns centímetros a alguns metros do leitor. Porém, logo foi verificado que este teste dependia do conjunto etiqueta eletrônica e leitor RFID. Foi decidido manter o mesmo leitor e testar várias etiquetas, por terem seu custo bem menor que do leitor RFID. Na Figura 39 está ilustrado como foi realizado este teste.

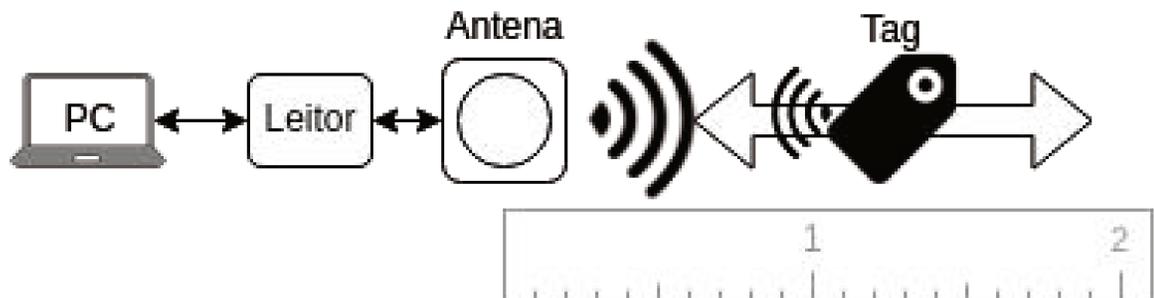


Figura 39: Representação do teste do leitor RFID, onde a Tag (etiqueta eletrônica) foi aproximada e afastada do leitor para identificar os limites de leitura (Fonte: Autor).

A distância máxima observada neste teste foi de 4 metros. É importante notar que o teste foi realizado em um laboratório semelhante a uma sala de aula, sem objetos interferindo na visada entre a etiqueta eletrônica (passiva) e o leitor RFID.

5.1.1.2.4 Metodologia I dos Testes com Etiquetas RFID: *Performance Isolada*

Primeiramente foi realizada uma inspeção visual, onde uma população de 10 etiquetas de duas marcas (A e B) tiveram suas medidas mensuradas com paquímetro (Figura 40) antes e depois do processamento de esterilização em autoclave.

Após medição inicial, as etiquetas foram submetidas ao processo de esterilização em autoclave. Depois da realização de 10 ciclos de esterilização em autoclave, essas medidas foram coletadas novamente e comparadas com a inicial. Em seguida, mais 10 ciclos de esterilização foram realizados e novamente coletadas as medidas. Ao todo foram realizados mais 30, 50 e 200 em sequência, tendo como número total 300 ciclos realizados.

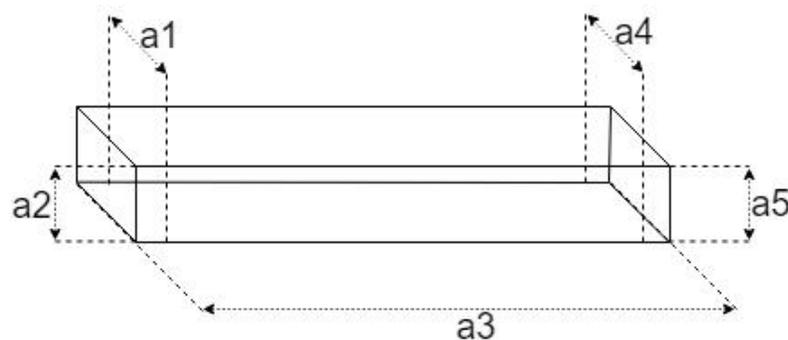


Figura 40: Arestas que tiveram suas medidas coletadas (Fonte: Autor).

As etiquetas A e B estão ilustradas na Figura 41. Foram separadas e identificadas como E1 a E10 e verificou-se a integridade física de cada uma. As etiquetas dos fabricantes A e B íntegras e antes de qualquer processamento de esterilização em autoclave.

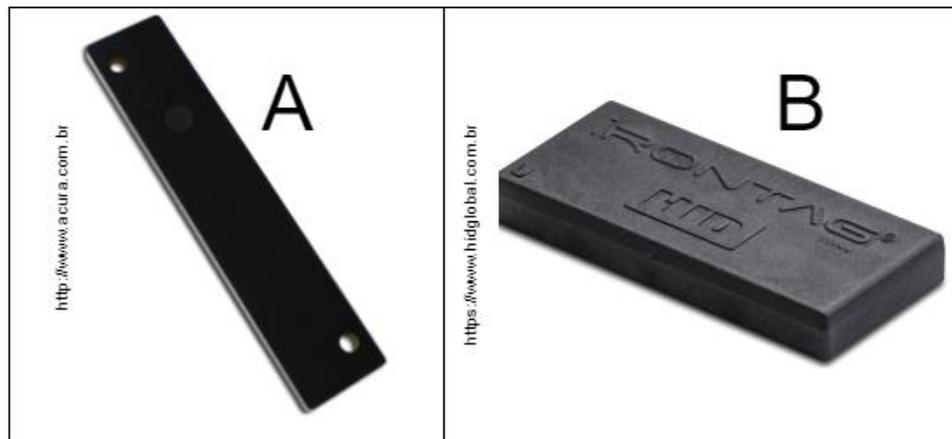


Figura 41: Etiquetas eletrônicas testadas, na esquerda a do fabricante A e na direita a do fabricante B.

5.1.1.2.5 Resultado I dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada

Na Tabela 3 estão ilustrados as médias e o desvio padrão das medidas das arestas, coletadas antes de qualquer processamento de esterilização em autoclave. Na parte superior estão as medidas das etiquetas do fabricante A e na parte inferior estão as medidas do fabricante B.

Tabela 3: Medidas das arestas sem qualquer processamento de esterilização em autoclave.

Medidas das etiquetas A					
	a1	a2	a3	a4	a5
Média	15,678	3,349	75,011	15,576	3,345
Desvio P.	0,3293	0,03071	0,03178	0,04248	0,02759
Medidas das etiquetas B					
	a1	a2	a3	a4	a5
Média	22,999	6,467	52,923	22,995	6,473
Desvio P.	0,00876	0,01889	0,02541	0,01958	0,02214

Na Tabela 4 estão ilustradas as médias e desvio padrão das medidas das arestas, coletadas após o processamento de esterilização em autoclave. Na parte superior estão as medidas das etiquetas do fabricante A e na parte inferior estão as medidas do fabricante B.

Para as etiquetas do fabricante A observou-se uma leve redução das medidas. Acredita-se que isto ocorreu devido à parte do invólucro da etiqueta ter-se desprendido. Já para as etiquetas do fabricante B ocorreu uma leve dilatação.

Tabela 4: Medidas das arestas depois do processamento de esterilização em autoclave.

Medidas das etiquetas A					
	a1	a2	a3	a4	a5
Média	15,505	3,206	74,98	15,51	3,345
Desvio P.	0,05836	0,05739	0,03399	0,02867	0,02759
Medidas das etiquetas B					
	a1	a2	a3	a4	a5
Média	23,09	6,576	53,03	23,06	6,538
Desvio P.	0,27877	0,14691	0,06549	0,29993	0,14436

A Figura 42 ilustra o resultado da inspeção visual realizada após os ciclos de esterilização em autoclave, onde estão as etiquetas E9 e E10 da marca A, com destaque para o material que desprende da mesma e em amarelo a formação de bolhas. Na Figura 43 estão as etiquetas E9 e E10 da marca B que apresentaram rachaduras na região central.



Figura 42: Fotos das etiquetas eletrônicas do fabricante A após o último ciclo de esterilização, com destaque para: em vermelho, rachaduras e material interno à mostra; em amarelo, a formação de bolhas (Fonte: Autor).

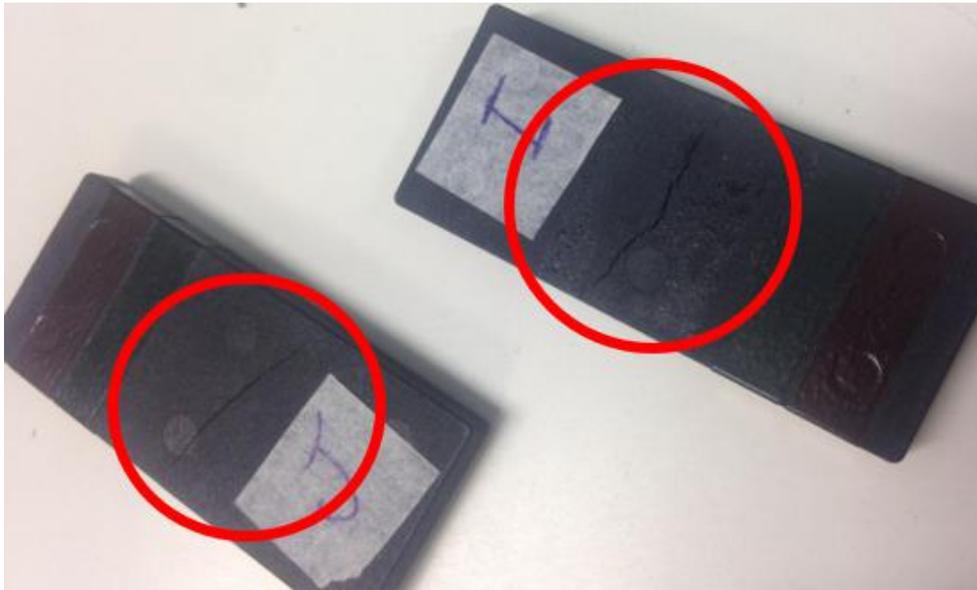


Figura 43: Fotos das etiquetas eletrônicas do fabricante B após o último ciclo de esterilização, com destaque para: em vermelho, as rachaduras (Fonte: Autor).

5.1.1.2.6 Metodologia II.1 dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada

Paralelamente à inspeção visual e com as mesmas etiquetas, foram realizadas medições do nível de sinal que o Leitor RFID atingia ANTES e APÓS diferentes ciclos de esterilização das etiquetas (de 10 ciclos a 300 ciclos), conforme descrição a seguir.

Foram realizadas medições (leituras com o Leitor RFID), sendo as etiquetas coladas uma por vez num suporte posicionado nos pontos mostrados na Figura 44. A distância entre os pontos de medição e a antena não era conhecida. Essa distância foi medida quando o Leitor RFID identificava um nível de sinal de -55 dB ou -65 dB para as etiquetas do fabricante A e, posteriormente, quando estes níveis eram -55 dB ou -60 dB para as etiquetas do fabricante B. Em cada ponto de medição, o Leitor RFID era programado para fazer 100 leituras. Os valores eram armazenados e depois calculados seus valores médios. Ao atingir os valores descritos, a distância entre a antena e a etiqueta era medida com uma trena a laser. Como os pontos de medição ocorriam em diferentes direções (0° , $+45^\circ$ e -45°), decidiu-se por realizar as medições nas 3 direções e voltar a elas para nova medição (5 medições em cada posição). Em seguida, passava-se à próxima posição e repetia-se o processo já descrito.

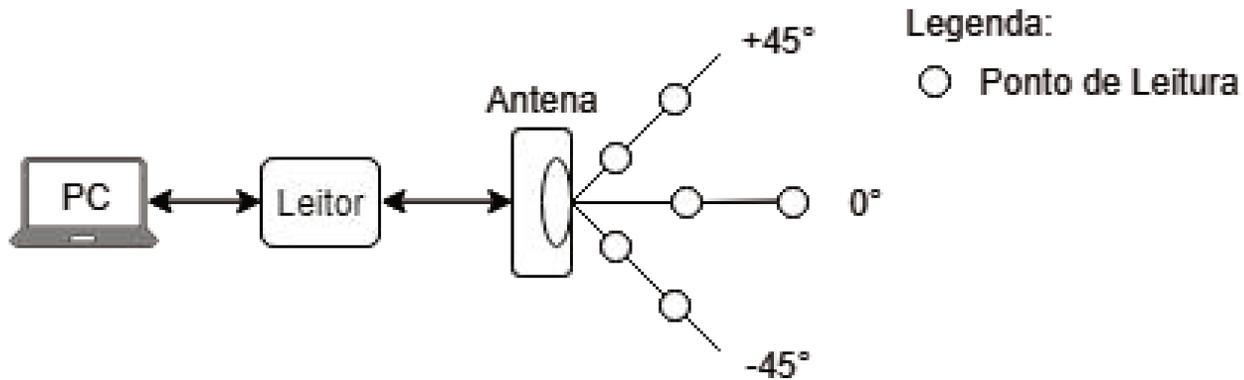


Figura 44: Vista de cima dos pontos de leitura em relação à antena (Fonte: Autor).

5.1.1.2.7 Resultado II.1 dos Testes com Etiquetas RFID: *Performance Isolada*

A Tabela 5 mostra os valores das distâncias onde os níveis de sinal de -55 dB e -65 dB foram alcançados nas posições descritas na Figura 44 utilizando as etiquetas do fabricante A ANTES da esterilização.

Tabela 5: Distância (em mm) entre a antena e os pontos de leitura utilizando as etiquetas do fabricante A.

Fabricante A com 0 ciclos de esterilização					
Etiqueta	Nível de s.	Dist. p/ 0°	Dist. p/ +45°	Dist. p/ -45°	Und
Etiqueta E1	-55 dB	414	150	197	mm
	-65 dB	1086	239	461	mm
Etiqueta E2	-55 dB	415	151	205	mm
	-65 dB	1074	247	455	mm
Etiqueta E3	-55 dB	424	160	210	mm
	-65 dB	1106	299	469	mm
Etiqueta E4	-55 dB	396	165	189	mm
	-65 dB	1055	268	423	mm
Etiqueta E5	-55 dB	422	166	191	mm
	-65 dB	1084	328	443	mm
Etiqueta E6	-55 dB	404	150	152	mm
	-65 dB	1084	226	481	mm
Etiqueta E7	-55 dB	410	150	202	mm
	-65 dB	1097	224	460	mm
Etiqueta E8	-55 dB	402	150	224	mm
	-65 dB	1086	247	462	mm
Etiqueta E9	-55 dB	439	150	209	mm
	-65 dB	1110	260	476	mm
Etiqueta E10	-55 dB	412	153	198	mm
	-65 dB	1099	405	348	mm

A Tabela 6 mostra os valores das distâncias onde os níveis de sinal de -55 dB e -60 dB foram alcançados nas posições descritas na Figura 43 utilizando as etiquetas do fabricante B ANTES da esterilização.

Tabela 6: Distância (em mm) entre a antena e os pontos de leitura utilizando as etiquetas do fabricante B.

Fabricante B com 0 ciclos de esterilização					
Etiqueta	Nível de s.	Dist. p/ 0°	Dist. p/ +45°	Dist. p/ -45°	Und
Etiqueta E1	-55 dB	701	288	301	mm
	-60 dB	1041	398	479	mm
Etiqueta E2	-55 dB	682	246	291	mm
	-60 dB	1026	381	466	mm
Etiqueta E3	-55 dB	620	263	289	mm
	-60 dB	1025	372	449	mm
Etiqueta E4	-55 dB	578	237	262	mm
	-60 dB	957	370	431	mm
Etiqueta E5	-55 dB	549	242	238	mm
	-60 dB	893	370	349	mm
Etiqueta E6	-55 dB	566	209	215	mm
	-60 dB	931	354	345	mm
Etiqueta E7	-55 dB	597	228	283	mm
	-60 dB	1007	363	462	mm
Etiqueta E8	-55 dB	632	211	251	mm
	-60 dB	1000	362	396	mm
Etiqueta E9	-55 dB	659	253	274	mm
	-60 dB	1018	376	443	mm
Etiqueta E10	-55 dB	585	229	261	mm
	-60 dB	958	359	430	mm

5.1.1.2.8 Conclusão II.1 dos Testes com Etiquetas RFID: *Performance Isolada*

Analisando as duas tabelas apresentadas (Tabelas 5 e 6) já é possível observar uma diferença na performance das etiquetas dos fabricantes A e B. As etiquetas do fabricante A apresentaram uma distância entre o ponto de leitura e o leitor RFID de aproximadamente 400 mm em 0°, com nível de sinal -55 dB. Já as etiquetas do fabricante B, para o mesmo ângulo, apresentaram uma variabilidade de distâncias para medição maior, com todos os valores acima de 549 mm, ou seja, 149 mm a mais que as etiquetas do fabricante A. Não só a medida exemplificada foi superior, mas em todas as medições e em todos os ângulos, nas mesmas

posições, as etiquetas do fabricante B apresentaram melhor performance, ou seja, apresentaram leituras de sinais confiáveis a distâncias maiores entre Leitor RFID e etiquetas.

5.1.1.2.9 Metodologia II.2 dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada

Após estas medições iniciais, as etiquetas, duas a duas, foram colocadas em autoclave, submetidas a diferentes ciclos semelhantes aos processos de esterilização a que serão submetidas as etiquetas de RFID numa CME. Foram separadas 2 etiquetas por vez. Duas etiquetas eram colocadas numa autoclave e realizados 10 ciclos de esterilização. Depois outras 2 etiquetas foram separadas e submetidas a 20 ciclos. Depois outras 2 submetidas a 50 ciclos, depois outras 2 a 100 ciclos e depois as 2 últimas submetidas a 300 ciclos. Após estes processos de esterilização, foram coladas no mesmo suporte e posicionadas nas distâncias encontradas no teste anterior (Tabelas 5 e 6). Nestas distâncias, o mesmo processo de medição de nível de sinal foi utilizado conforme já descrito.

5.1.1.2.10 Resultado II.2 dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada

Os resultados destas medições para as etiquetas dos fabricantes A e B encontram-se nas Tabelas 7 e 8 respectivamente.

Tabela 7: Níveis de sinal obtidos com o Leitor de RFID com as etiquetas do Fabricante A, nas distâncias descritas na Tabela 5, após diferente número de ciclos de esterilização.

Etiquetas do Fabricante A					
Etiqueta	Nº de Ciclos	Valor Esperado	N. de s. p/ 0°	N.s. p/ +45°	N.s. p/ -45°
Etiqueta E1	10	-55 dB	-55,1	-55	-54,5
		-65 dB	-64,6	-64,2	-64,7
Etiqueta E2		-55 dB	-55,1	-54,3	-54,7
		-65 dB	-64,4	-64,2	-64,3
Etiqueta E3	20	-55 dB	Apresentou leitura em distância irrisório		
		-65 dB	Apresentou leitura em distância irrisório		
Etiqueta E4		-55 dB	-54,7	-56,7	-53,6
		-65 dB	-64,1	-65,9	-63,6
Etiqueta E5	50	-55 dB	-54,9	-55,8	-53,4
		-65 dB	-64,2	-65,9	-63,4
Etiqueta E6		-55 dB	-55,2	-54,9	-51
		-65 dB	-65	-63,8	-65,1
Etiqueta E7	100	-55 dB	-55,4	-54,7	-54,7
		-65 dB	-66	-63,6	-63,8
Etiqueta E8		-55 dB	Apresentou leitura em distância irrisório		
		-65 dB	Apresentou leitura em distância irrisório		
Etiqueta E9	300	-55 dB	Não apresentou leitura		
		-65 dB	Não apresentou leitura		
Etiqueta E10		-55 dB	Não apresentou leitura		
		-65 dB	Não apresentou leitura		

Tabela 8: Níveis de sinal obtidos com o Leitor de RFID com as etiquetas do Fabricante B, nas distâncias descritas na Tabela 6, após diferente número de ciclos de esterilização.

Etiquetas do Fabricante B					
Etiqueta	Nºde Ciclos	Valor Esperado	N.s. p/ 0°	N.s. p/ +45°	N.s. p/ -45°
Etiqueta E1	10	-55 dB	-55,2	-55	-55,6
		-60 dB	-60,5	-60,2	-62,5
Etiqueta E2		-55 dB	-55,2	-53,5	-55,9
		-60 dB	-59,8	-58,1	-62,3
Etiqueta E3	20	-55 dB	-53,8	-53,8	-54,9
		-60 dB	-59	-56,9	-60,9
Etiqueta E4		-55 dB	-55,3	-54,7	-56,1
		-60 dB	-59,6	-58,9	-61,5
Etiqueta E5	50	-55 dB	-54,4	-54	-54,9
		-60 dB	-58,5	-58,1	-59,2
Etiqueta E6		-55 dB	-55,2	-52,9	-53,8
		-60 dB	-59,6	-58,4	-59,5
Etiqueta E7	100	-55 dB	-54,7	-55,4	-55,6
		-60 dB	-60,5	-61,5	-59,7
Etiqueta E8		-55 dB	-56	-53,8	-55
		-60 dB	-60,2	-59,1	-59,7
Etiqueta E9	300	-55 dB	-55,8	-55,4	-55,5
		-60 dB	-60,1	-60,7	-60,1
Etiqueta E10		-55 dB	-55,5	-56,4	-54,7
		-60 dB	-59,2	-61,4	-59,6

5.1.1.2.11 Conclusão II.2 dos Testes com Etiquetas RFID: Performance Isolada

Observa-se na Tabela 7 que a Etiqueta E3, com 20 esterilizações, apresentou dano, impedindo seu funcionamento normal. A Etiqueta E8 apresentou dano com 100 esterilizações e as etiquetas E9 e E10 foram danificadas com 300 ciclos de esterilização.

Observa-se na Tabela 8 que os níveis de sinal antes e depois do processamento de esterilização em autoclave variaram no máximo 1,5 dB. Quatro etiquetas do fabricante A foram danificadas (pararam de apresentar leitura ou reduziram em mais de 90% a distância de leitura) durante o processo de esterilização. As etiquetas do fabricante B, mesmo com o aparecimento de rachaduras, continuaram apresentando leitura em todos os testes.

5.1.1.2.12 Metodologia I de Testes com Etiquetas RFID: Performance de conjunto

O teste em conjunto consistiu em colar 6 etiquetas (E1 a E6) a 6 caixas cirúrgicas (Figura 45) e realizar tentativas de leitura, ora com o conjunto de caixas parado, ora em movimento. O objetivo foi simular a passagem de um carrinho carregado de caixas cirúrgicas, que será posteriormente chamado de lote. Para este teste, foram utilizadas etiquetas íntegras e não esterilizadas. O posicionamento das caixas no carrinho foi escolhido aleatoriamente.

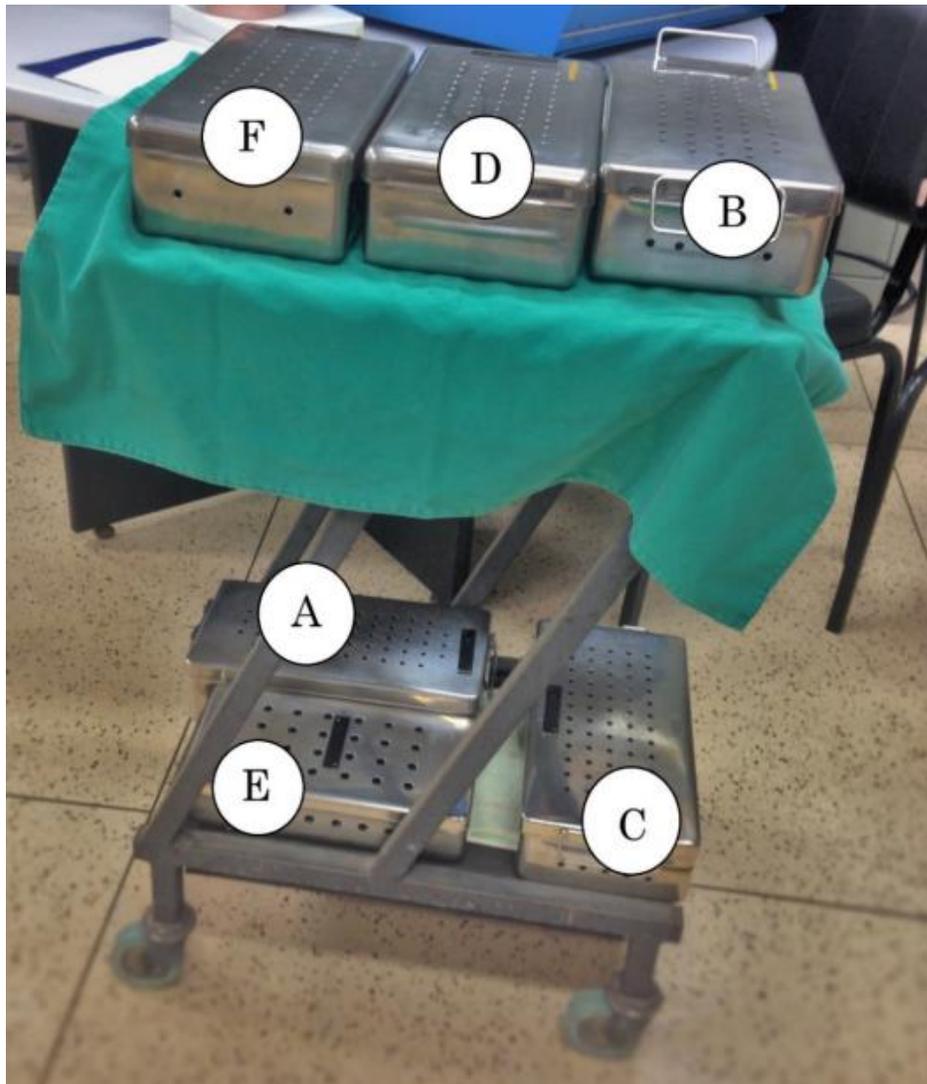


Figura 45: Carro com etiquetas eletrônicas coladas nas caixas e posicionadas aleatoriamente (Fonte: Autor).

O primeiro teste consistiu em posicionar o carrinho em 3 pontos distintos sem movimentá-lo e mudando sua orientação de acordo com a rosa dos ventos. Na Figura 46 está ilustrado como foi realizado o teste. Na parte superior da imagem temos os 3 pontos de medição em relação à antena e na parte inferior estão as direções em que o carrinho foi posicionado, com a ponta da seta representando a frente do carrinho. Este teste foi repetido 3 vezes para cada posição de leitura.

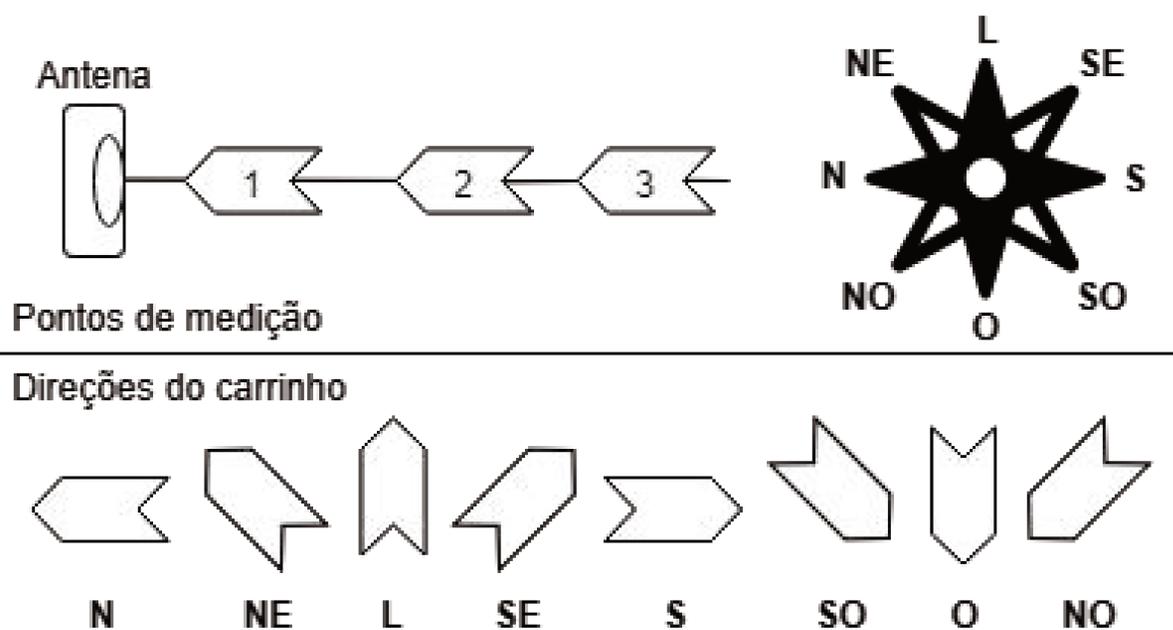


Figura 46: Superior: Pontos de medição, onde o carrinho foi posicionado, em relação à antena e a Rosa dos Ventos. Inferior: direções em que o carrinho foi posicionado (Fonte: Autor).

5.1.1.2.13 Resultado de Testes com Etiquetas RFID: *Performance de conjunto*

O resultado das medições das etiquetas do fabricante A em 50, 100 e 150 cm nos pontos de leitura está ilustrado na Tabela 9. Os valores identificados como “NL” foram as posições em que as etiquetas não apresentaram leitura.

Tabela 9: Resultado das medições do teste de conjunto com as etiquetas do fabricante A.

Conjunto de Etiquetas do Fabricante A							
	Tag E1	Tag E2	Tag E3	Tag E4	Tag E5	Tag E6	Distância
NORTE	-60,5	-65,7	-63,7	-69,8	-71,1	-75	50 cm
NORDESTE	-72,8	-69,7	-75	-67,7	NL	-68,1	
LESTE	-75	-66,7	-75	-71,4	NL	-73,2	
SUDESTE	-72,4	-61,4	-75	-64,7	-70,1	-67,7	
SUL	-70,2	-68	-68,5	-66,7	-69	-65,4	
SUDOESTE	-63,3	-69,5	-66,4	-75	-65,6	-70,3	
OESTE	-71,2	-73,9	-68,9	-75	-75	-69,8	
NOROESTE	-75	-75	-73,2	-71,6	-75	-65,9	
NORTE	-68	-70	-77,9	-71,6	-76	-77	100 cm
NORDESTE	-77,5	-73,1	NL	-70,5	-75,8	-72,8	
LESTE	NL	-72,8	NL	-74,6	-77,6	-76,8	
SUDESTE	-74,6	-67,6	-78,3	-74,2	-70	-76,2	
SUL	-70,5	-67,8	-68,3	-69,8	-73	-67,9	
SUDOESTE	-67,7	-74,3	-69,7	-76,2	-72	-75,1	
OESTE	-74,2	-76,5	-74,7	NL	-76,3	-75,2	
NOROESTE	-77,6	-76	-75	-74,9	NL	-68,9	
NORTE	-74,6	-72	NL	-74	-79	-76	150 cm
NORDESTE	-77,8	-74,2	NL	-74,7	NL	-73,4	
LESTE	-77,2	-74,8	NL	-78	NL	NL	
SUDESTE	-76,4	-70,9	NL	-74,9	-74,7	-76,5	
SUL	-74,5	-73,5	-76,7	-73,8	-75,8	-73,1	
SUDOESTE	-73,4	-78,4	-75,5	-79	-74,9	-76,5	
OESTE	-76,6	-74,5	-74,9	NL	-77,6	-74,8	
NOROESTE	NL	-76,1	-76,1	-79	-76,6	-73,7	

As medições realizadas com as etiquetas do fabricante B em 50, 100 e 150 cm estão apresentadas na Tabela 10. Os valores identificados como “NL” foram as posições em que as etiquetas não apresentaram leitura.

Tabela 10: Resultado das medições do teste de conjunto com as etiquetas do fabricante B.

Conjunto de Etiquetas do Fabricante B							Distância
	Tag E1	Tag E2	Tag E3	Tag E4	Tag E5	Tag E6	
NORTE	-52,6	-55,8	-54,5	-61,8	-66,7	-57	50 cm
NORDESTE	-61,9	-49,7	-68,4	-54,1	-56	-66,5	
LESTE	-62,3	-52,3	-63,9	-56,2	-60,5	-60,8	
SUDESTE	-67,2	-52,8	-66	-52,9	-54,6	-61,6	
SUL	-68	-57,3	-61,3	-55,4	-53,5	-56,2	
SUDOESTE	NL	-64,9	-58,9	-66,1	-62,4	-61,2	
OESTE	-61,2	-62,9	-61,4	-65,9	-58	-52,2	
NOROESTE	-64	-63	NL	-58,6	-60	-62,3	
NORTE	-56	-62,4	-64,6	-65,4	-70,5	-60,6	100 cm
NORDESTE	-65,7	-62,7	NL	-63,8	-64	-66,3	
LESTE	NL	-64,2	-68,1	-64,9	NL	-70,1	
SUDESTE	-65,3	-57	NL	-61,8	-62,8	-69,3	
SUL	-69,3	-58,6	-61,4	-59,5	-57,3	-67	
SUDOESTE	-71	-65,6	-62,3	-67	-63	-68,3	
OESTE	-68	-70	-63,8	-69	-62,3	-57,9	
NOROESTE	-67,8	-69,3	-65	-63,6	-60,7	-57	
NORTE	-62,3	-64,1	-69,8	-70	-69,8	-63,2	150 cm
NORDESTE	-68,6	-67,7	NL	-66,4	-64,6	NL	
LESTE	NL	-70,4	NL	-68,2	NL	NL	
SUDESTE	-71	-61,7	NL	-67,4	-66,3	NL	
SUL	NL	-64,6	-72,6	-63,9	-64	NL	
SUDOESTE	NL	NL	-73,3	-71,6	-63,6	NL	
OESTE	-69,8	-68,4	-63,6	-72,6	-65,3	-64,2	
NOROESTE	NL	-64,9	-69,2	-67,8	-66,4	-57,9	

5.1.1.2.14 Metodologia II de Testes com Etiquetas RFID: *Performance de conjunto*

O segundo teste foi realizado com o carrinho em movimento. A partir das posições 2 e 3 do teste anterior (Figura 46), o carro foi movimentado nas direções indicadas na Figura 46. Nesta figura, procura-se mostrar a dinâmica do teste: com o carro posicionado no ponto A, o carro foi movimentado para o ponto B (recoo de 50 cm na direção indicada na figura) e, a partir daí, o carro era movimentado até o ponto C. Desde o ponto B até o ponto C, o leitor RFID mantinha-se

em estado de leitura de sinal das etiquetas. Como o recuo a partir do ponto A até o ponto B era de 50 cm e o ponto C estava a outros 50 cm do ponto A, o carro era movimentado por 1 m no total enquanto as leituras eram realizadas.

Esta mesma dinâmica foi aplicada com o carro sendo movimentado em todas as direções da Rosa dos Ventos.

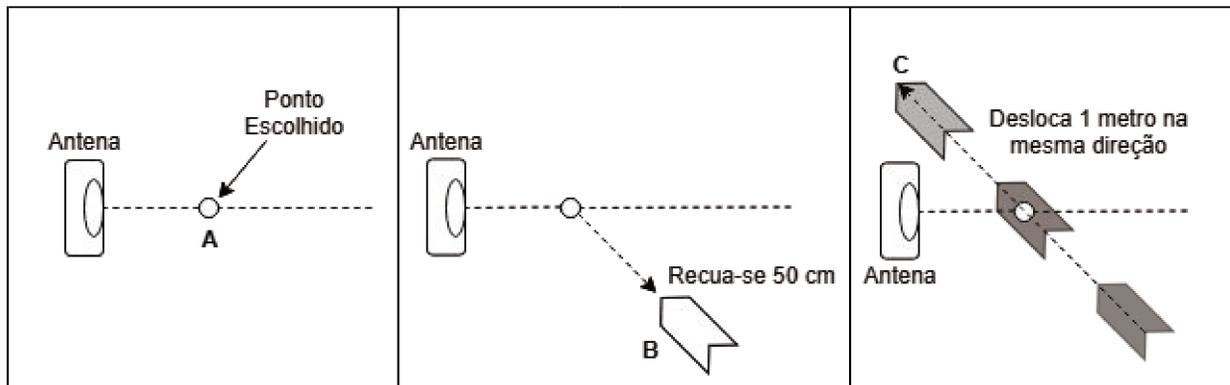


Figura 47: A - Escolha do ponto de partida; B – Ponto recuado 50 cm de A na direção escolhida; C – Ponto final do movimento (de B para C) sendo então realizada a leitura durante o movimento do carrinho por 1 metro.

5.1.1.2.15 Resultado II de Testes com Etiquetas RFID: *Performance de conjunto*

Devido ao fato das etiquetas do fabricante B terem apresentado melhores resultados, são apresentados somente os resultados dos testes de conjunto em movimento das etiquetas do fabricante B, muito embora as etiquetas do fabricante A terem sido ensaiadas de modo semelhante. Para visualizar os resultados dos testes de conjunto em movimento das etiquetas do fabricante A, ver Apêndice A.

Os resultados do teste de conjunto em movimento das etiquetas do fabricante B estão apresentados de duas formas: primeiro na

Tabela 11, que apresenta o número de vezes que cada etiqueta foi lida em determinado sentido de deslocamento e na Figura 48 em formato gráfico, onde uma linha preta foi traçada para identificar quais etiquetas apresentaram pelo menos 5 leituras durante o trajeto. Observou-se que nos sentidos Norte, Sudeste, Oeste e Noroeste todas as etiquetas apresentaram 5 ou mais leituras durante o trajeto. A velocidade de deslocamento médio foi de 0,20 m/s.

Tabela 11: Quantidade de leituras realizadas de cada etiqueta para cada direção durante o movimento.

Etiqueta	Vezes lida por direção						
	Norte	Nordeste	Leste	Sudeste	Sudoeste	Oeste	Noroeste
A	30	15	8	10	11	9	19
B	15	17	20	34	11	7	6
C	14	9	14	10	24	17	28
D	12	17	26	27	5	13	9
E	5	13	16	13	4	15	20
F	27	2	1	7	13	27	37

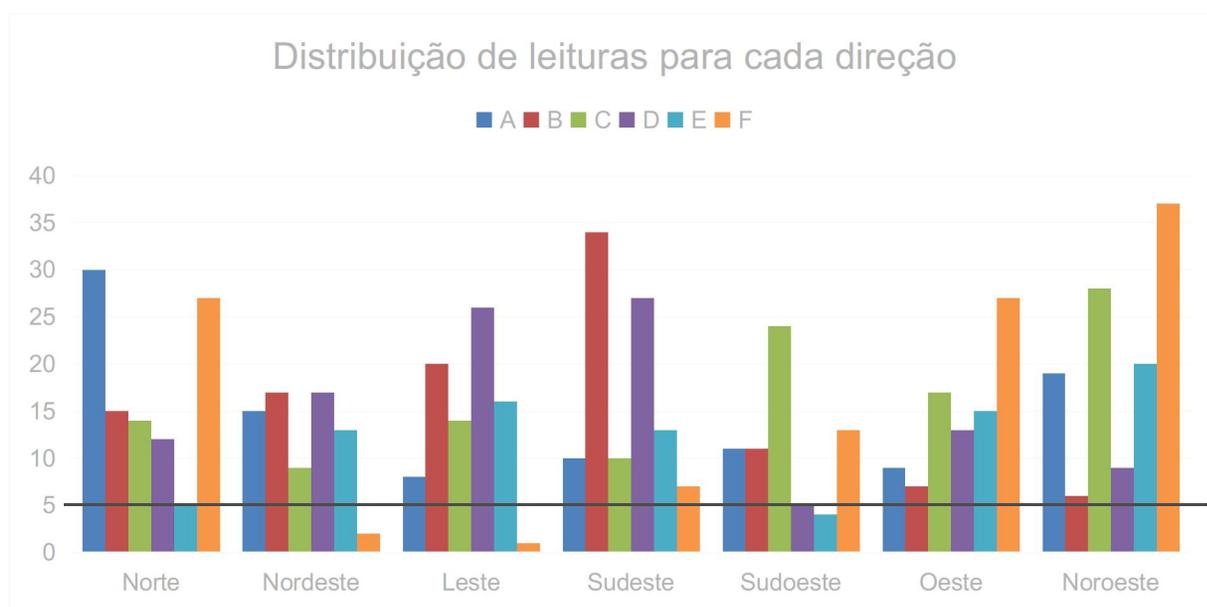


Figura 48: Gráfico de leituras em movimento. Eixo X: Direções. Eixo Y: Quantidade de leituras. Linha preta indica o limite de pelo menos 5 leituras.

5.1.1.3 Estação de Trabalho

5.1.1.3.1 Metodologia

Com a necessidade de pontos de acesso adicionais ao sistema, foi realizada uma pesquisa de mercado para definir qual seria o hardware adequado das estações de trabalho. Os parâmetros

utilizados para balizar a escolha destes componentes foram: 1) necessidade de uma tela para visualizar as informações; 2) como seria realizada a entrada de dados no sistema; 3) qual o tipo de CPU que seria utilizada; e 4) variáveis de ambiente (onde e como estes objetos estariam acondicionados).

Um kit do Raspberry Pi foi selecionado e utilizada como a CPU (e periféricos) como Estação de trabalho. Este kit não possui memória não volátil (memória volátil é o tipo de memória que perde os dados salvos quando é desconectada da fonte de energia, exemplo: RAM). Portanto, foi necessário utilizar um cartão SD para salvar os dados, como o sistema operacional e os programas que precisam ser instalados na estação de trabalho.

O sistema operacional selecionado foi o Linux Mint com o navegador Google Chrome. Este conjunto de programas é instalado como uma imagem (arquivo *.iso) no cartão SD que é instalado no kit. Este cartão é acessado cada vez que a CPU é inicializada.

5.1.1.3.2 Resultado

HARDWARE FINAL DA ESTAÇÃO DE TRABALHO

Como resultado da pesquisa de mercado realizada, seguem os produtos selecionados:

- ◆ Monitor (Figura 49): Modelo E1670SWU da AOC, com tela de 15,6 polegadas, luz de fundo de LED, baixo consumo de energia comparando com monitores do mesmo tamanho.



Figura 49: Monitor, modelo E1670Sw AOC, 15,6 polegadas (Fonte: http://www.aocmonitorap.com/ph/product_display.php?id=527).

- ◆ CPU (Figura 50): Raspberry Pi 3, modelo B, com 4 x USB, 1 x Ethernet, 1 x HDMI, 1 x DSI Display, 1 x CSI Câmera, 1 x P2, 40 x GPIO, Bluetooth 4.1 e 1 x Cartão SD.

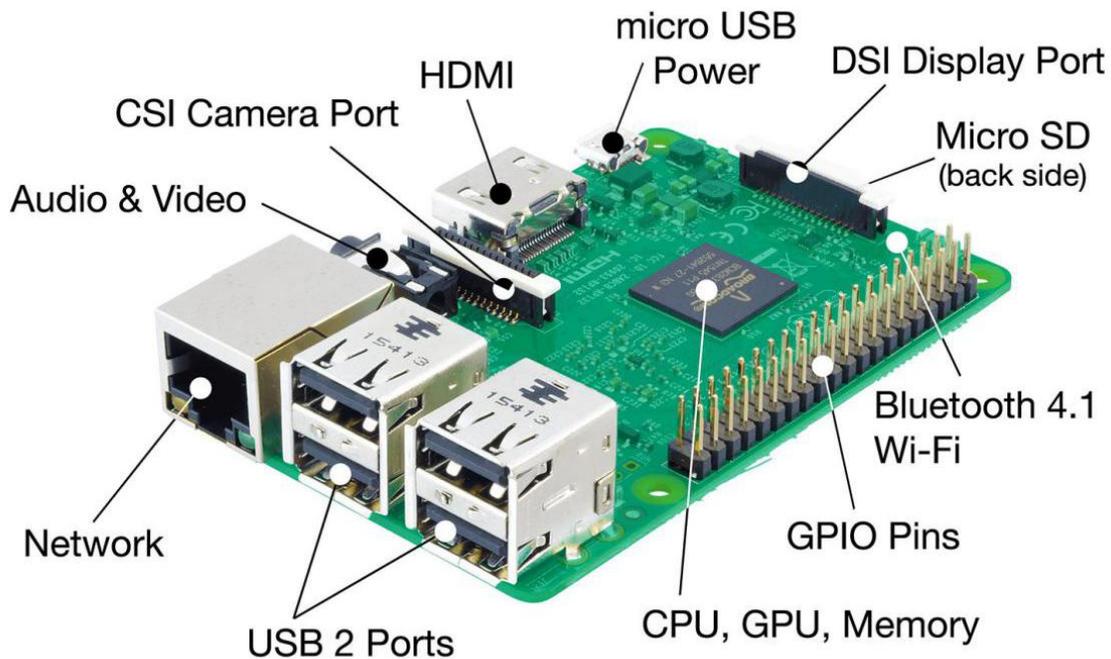


Figura 50: Raspberry Pi 3 modelo B (Fonte: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>).

- ◆ Leitor RFID (Figura 51): Leitor AC-01, UHF e USB.



Figura 51: Leitor RFID portátil, USB (Fonte: Autor).

- ◆ Leitor *DataMatrix* (Figura 52): Leitor *DataMatrix* Code Reader® 6000, USB, com suporte e próprio para leituras de marcações gravadas direto na peça, seja por punção, seja por marcação a laser.



Figura 52: Leitor *DataMatrix* USB (Fonte: <http://www.codecorp.com/products.php?id=184>).

6 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

As atividades realizadas para o desenvolvimento do software foram: 1) coleta de requisitos; 2) desenvolvimento do banco de dados; 3) criação de fluxogramas da aplicação; 4) codificação da aplicação; e 5) validação e testes da aplicação.

6.1 COLETA DE REQUISITOS

6.1.1 Metodologia

Esta etapa tem atividades semelhantes às descritas na seção 4.1. Foram realizadas reuniões, visitas e observações, que resultaram em uma série de requisitos indicativos de como o sistema deveria ser construído.

O objetivo desta etapa foi nortear a codificação da aplicação. Quanto mais consistente e representativas fossem as informações coletadas, menos problemas seriam encontrados durante a codificação da aplicação e durante o uso do software.

6.1.2 Resultado

A coleta de requisitos teve como principais resultados, sejam definidos e apoiados por todas as equipes envolvidas (desenvolvedores, CME e TI do hospital), sejam por utilização de sistemas já previamente definidos pelo setor de informática do hospital:

Não Funcionais:

- Definição do tipo da aplicação: *WEB*;
- Definição das linguagens de programação: *Ruby on Rails, HTML, CSS, JavaScript*;
- Definição do sistema gerenciador de banco de dados: *Oracle XE 11g*;

Funcionais:

- As telas do sistema devem representar os processos (recepção, preparo e montagem, esterilização, empréstimo e cadastros);
- O sistema deve possuir integração com impressoras;
- Processo de recepção e de preparo e montagem assistido por fotos visualizadas com monitores nos locais de trabalho;

6.2 DESENVOLVIMENTO DO BANCO DE DADOS

6.2.1 Metodologia

Conforme a teoria de especificação e desenvolvimento de bancos de dados, deve-se ter em mãos os requisitos do sistema e os fluxogramas de processo. Estes contêm as informações que caracterizam o banco de dados e os processos, que são necessários para a construção do banco de dados.

Com os requisitos estabelecidos, o passo seguinte deste desenvolvimento é o projeto conceitual do banco de dados, que consiste na utilização de dados de alto nível para definir a estrutura do banco de dados de forma simples e inteligível. É importante que nesta etapa seja criado um esquema diagramático, de forma a representar as informações de uma maneira simples, objetiva e não ambígua, facilitando assim a sua análise. Este diagrama também deve conter as tabelas que identificam os dados a serem armazenados, assim como seu tipo, tamanho e natureza.

A partir do diagrama conceitual e dos requisitos do sistema, escolhe-se um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD). Neste SGBD é realizada a construção física do banco de dados.

O SGBD da Oracle (XE 11g – Express Edition) foi definido por requisito do Hospital, que possui experiência com o SGBD Oracle e o utiliza em outras aplicações. A versão XE 11g do banco de dados da Oracle é livre e sem custo para implantação no nosso sistema. Sua única limitação é que o tamanho máximo do Banco de Dados é de 11 GB, o que não é limitante para nossa aplicação.

No caso deste projeto, o próprio *framework (Rails)* utilizado juntamente com a linguagem de programação (*Ruby*), possui uma ferramenta que gerencia a criação, modificação e exclusão

da estrutura do banco de dados, bastando conectá-los através de uma ferramenta que será abordada na seção 6.4.1, que descreve a codificação da aplicação aqui implementada.

Nas Figuras 53 e 54 encontra-se o diagrama esquemático do Banco de Dados implementado neste projeto. Os diagramas estão separados, mas possuem uma relação através da tabela Associação que contém a informação dos produtos que estão no processo corrente.

6.2.2 Resultado

O diagrama conceitual apresentado na Figura 53 é a primeira parte do banco de dados. Nela estão presentes as tabelas dos processos, suas auxiliares, as tabelas de especialidades cirúrgicas e de usuários.

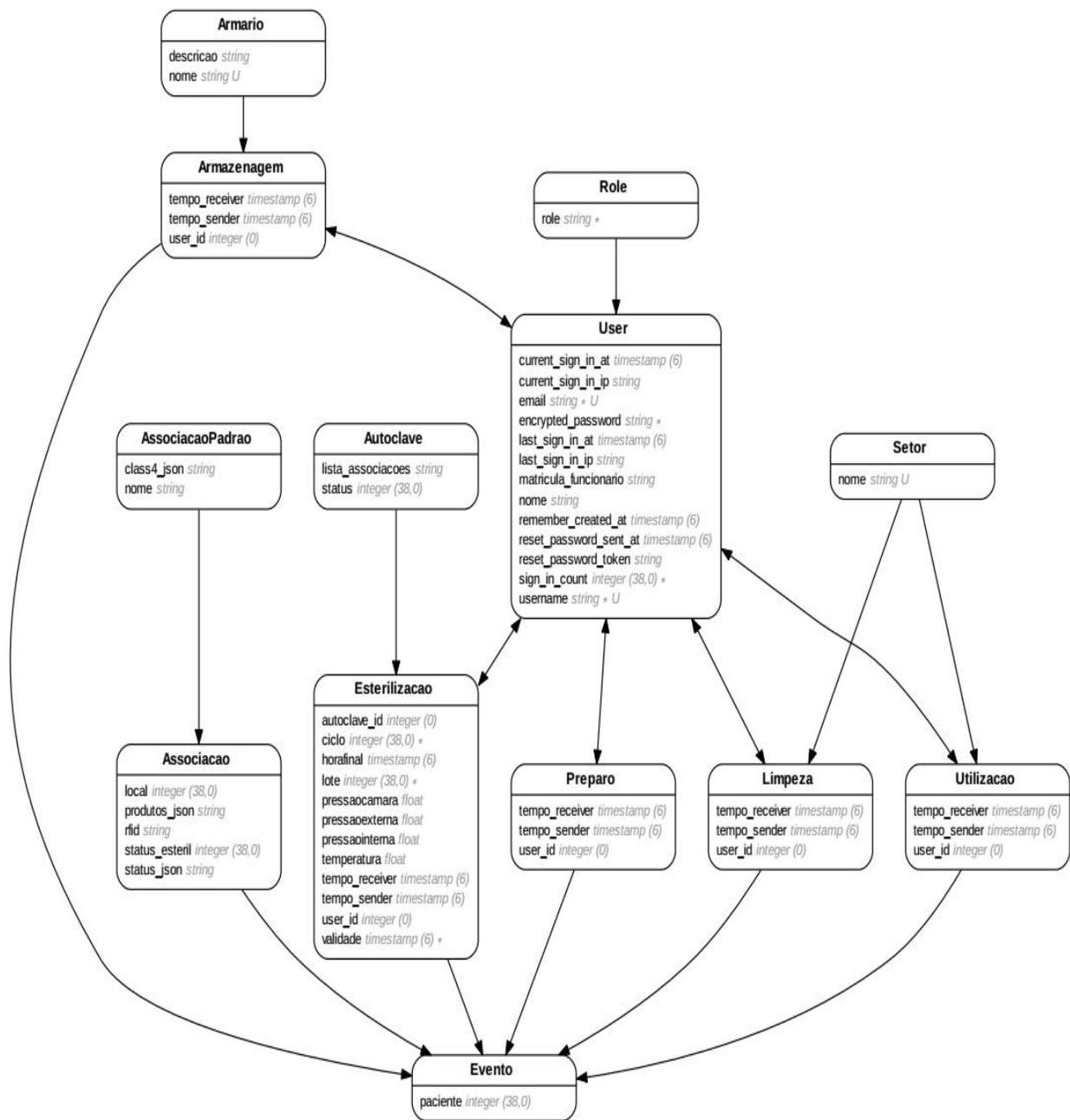


Figura 53: Banco de dados esquematizado 1 - Tabelas de processos e usuários.

A Tabela “Evento” centraliza toda a informação; através dela ocorre o controle das etapas pelas quais os produtos (caixas e instrumentos) cirúrgicos passam no ciclo de processamento e/ou reprocessamento e a interação dos usuários com os mesmos. A tabela AssociacaoPadrao existe para identificar o padrão proposto pela especialidade, referente à qualidade (tesoura, bisturi, entre outros) e quantidade dos itens presente naquela caixa (kit) padronizada. A tabela Associacao

representa os dados das caixas (kit's) dinamicamente. Primeiramente é acessada a tabela *AssociacaoPadrao* para coletar a informação do padrão que deve ser montado. Porém, pode ocorrer a falta de itens ou a troca por substitutos. Portanto, a Tabela Associação contém os dados reais de montagem.

As tabelas dos processos armazenam os dados referentes aos processos executados na CME. As tabelas *Limpeza* e *Utilizacao* utilizam a tabela *Setor* para salvar os dados de empréstimo e devolução. A tabela *Esterilizacao* guarda os dados dos Lotes que foram processados em autoclave. Por fim, a tabela *Armazenagem* contém os dados dos materiais já esterilizados e prontos para utilização.

Na parte 2 (Figura 54) do diagrama conceitual do banco de dados, estão as tabelas referentes aos produtos.

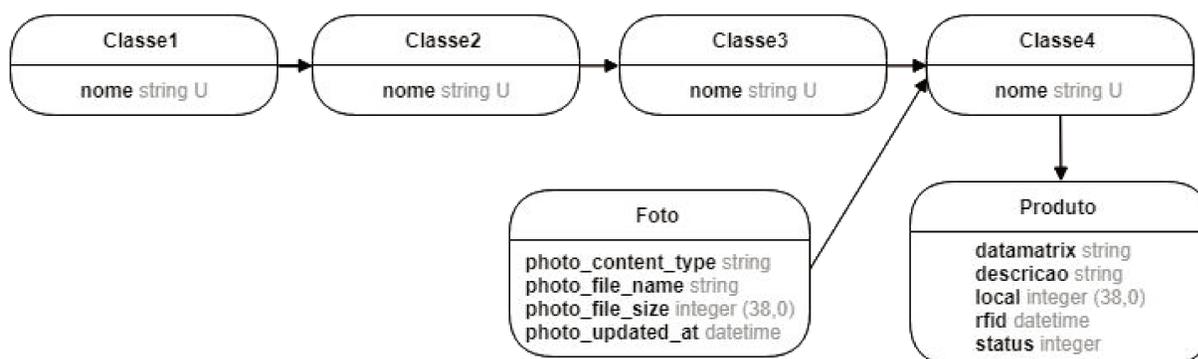


Figura 54: Banco de dados esquematizado 2 - Tabelas de produtos e classificação.

Produtos são todos os objetos controlados pela CME; todos estes produtos pertencem a alguma classificação hierárquica distribuída das tabelas *Classe1* até *Classe4* e possuem sua foto gravada na tabela *Foto*.

6.3 FLUXOGRAMAS DA APLICAÇÃO WEB

Durante esta atividade foi realizada uma adaptação dos fluxogramas de processo (Seção 4) para que os mesmos pudessem ser utilizados para a codificação da aplicação. Os fluxogramas da

aplicação podem ser separados em diversos níveis: cada função possui uma lógica sequencial que pode ser representada por fluxogramas.

Na Figura 55 está ilustrado o fluxograma geral da aplicação. Para o correto funcionamento deste fluxo, a etapa de cadastro já deve ter sido concluída. A etapa de cadastro é apresentada no Apêndice B através do manual do usuário deste módulo do software.

O fluxograma geral da aplicação inicia com o pedido de uma nova ordem de serviço. Tal ação é executada com o auxílio da Tela 1, onde é informado qual material deve ser preparado. A seguir, o usuário iniciará o processo de montagem, ação executada com o auxílio das Telas 2, 3 e 4. O usuário seleciona na Tela 2 o tipo de caixa (caixa de pequenas cirurgias, cirurgia de cabeça e pescoço, entre outras). O material que será montado na caixa deve estar cadastrado previamente (ver Cadastro no Apêndice B). Realiza a leitura do RFID, conectando-o virtualmente pela Tela 3 e fisicamente anexando uma etiqueta eletrônica (*tag*) à caixa. Realiza o acondicionamento do material na caixa cirúrgica com auxílio da Tela 4, lendo o código de cada instrumento a ser nela colocado com o leitor de DataMatrix. Ao término deste procedimento, um resumo do que foi montado é impresso e uma etiqueta colável também é impressa para ser colada na embalagem.

Posteriormente, o usuário iniciará o processo de esterilização (Tela 5). Para novos lotes de materiais, o usuário realiza leitura do código *DataMatrix* (Tela 7) impresso na etiqueta colada na embalagem durante o processo de montagem. O sistema imprime uma nova etiqueta que será colada na mesma embalagem para identificar o lote de esterilização. O usuário escolhe a autoclave e o tipo de ciclo de esterilização na Tela 8. Na mesma estação de trabalho, o usuário pode editar lotes de esterilização já iniciados (Tela 6).

Após a esterilização, os materiais seguem para o arsenal para serem armazenados em locais apropriados. O usuário do arsenal acessa a Tela 9 para realizar o empréstimo de materiais para os setores e na Tela 10 ocorre a seleção de destino do material. O fluxograma da aplicação se encerra na recepção de material sujo na CME. Na Tela 11 o usuário seleciona o material que retornou e na Tela 12 seleciona o remetente, fechando o ciclo de utilização dos materiais.

Todas as telas aqui apresentadas estão no Apêndice C.

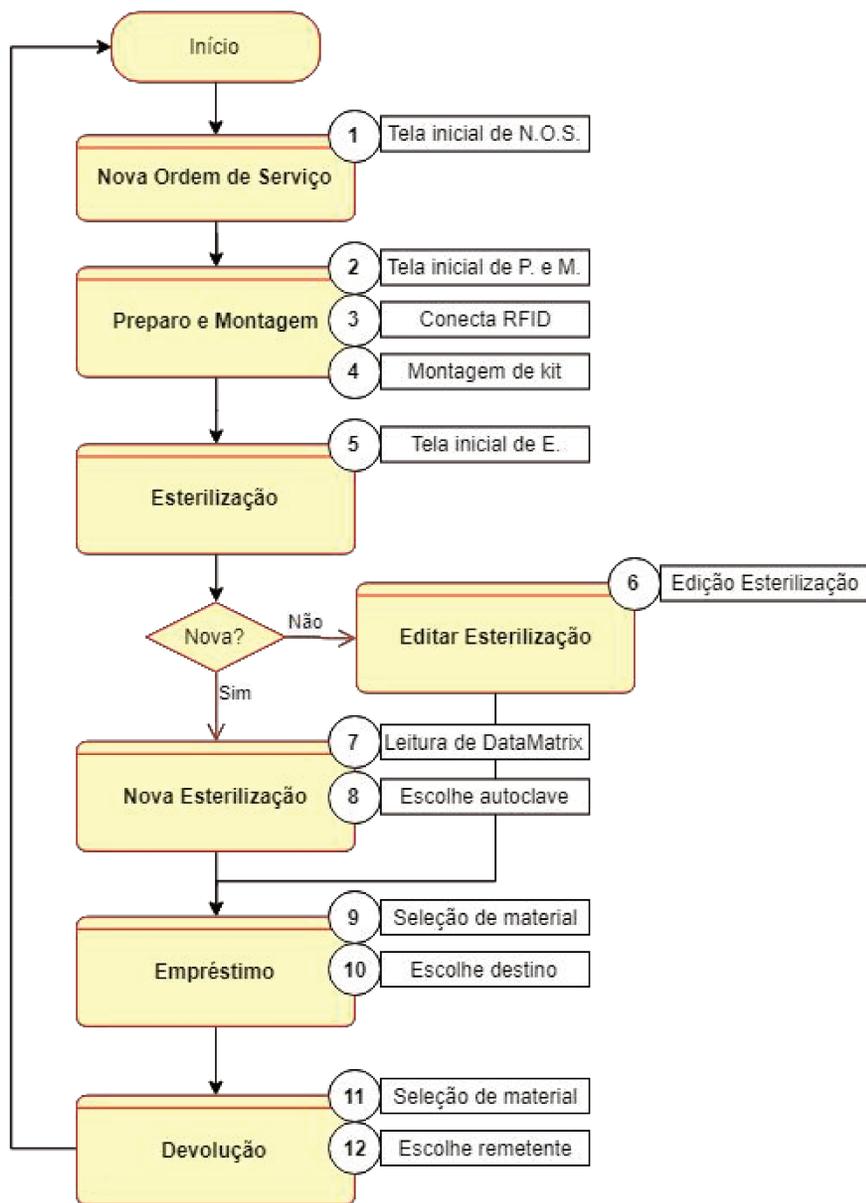


Figura 55: Fluxograma geral da aplicação WEB. A numeração nos círculos refere-se às Telas comentadas no texto e apresentadas no Apêndice C.

6.4 CODIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO

A codificação da aplicação é dividida em duas partes: o *Back-end*, que é a parte da aplicação que realiza funções automatizadas e comunica a interface com o usuário e o banco de

dados; e o *Front-end* que é responsável pela interface com o usuário, mostrando texto, gráficos e figuras de forma legível e humanamente amigável.

Os Resultados da atividade de codificação da aplicação podem ser vistos nas Telas comentadas na Figura 55 e mostradas no Apêndice C.

6.4.1 Back-end

O *framework Rails* é uma ferramenta gratuita que, geralmente, é utilizada com a linguagem *Ruby* para desenvolvimento de aplicações *WEB*, já que nele estão embarcadas as operações *CRUD* (*Create, Read, Update and Delete* - Criar, Ler, Atualizar e Deletar), que são as quatro operações básicas de manipulação de banco de dados. Estar embarcado significa a existência de uma ferramenta que, com poucas linhas de código, consegue-se gerar automaticamente estas operações, tornando o desenvolvimento extremamente ágil e organizado.

Além disso, o *Ruby on Rails* apresenta uma preparação prévia da aplicação, separando-a de acordo com o padrão *MVC* (*Model, View and Controller* - Modelo, Vista (ou visual) e Controlador), que separa a aplicação em camadas bem definidas e cada uma delas executa o que lhe é definido, sem executar o que é de competência de outra camada. Isto deixa o código organizado e limpo.

Uma *API* (*Application Programming Interface* - Interface de Programação de Aplicação) é chamada de *Gem* (Joia) na linguagem *Ruby* devido ao fato de que a logomarca da linguagem é uma pedra rubi. Estas *Gem's* são muito úteis para utilizar funções codificadas por terceiros, são códigos gratuitos disponibilizados pela comunidade e que podem ser utilizados de acordo com suas licenças.

6.4.2 Front-end

As linguagens utilizadas para a codificação desta parte da aplicação são: *HTML* (*HyperText Markup Language* - Linguagem de Marcação de HiperTexto), *JavaScript* e *CSS* (*Cascading Style Sheets* - Folhas de Estilo em Cascatas). O *HTML* é uma linguagem utilizada

para a formatação de textos e objetos estáticos. O *JavaScript* é uma linguagem que dá aos objetos do *HTML* uma função dinâmica, modificando o conteúdo dos elementos e executando funções.

Foi utilizada uma biblioteca chamada *Bootstrap* que possui diversos estilos pré-definidos, como: tamanho de fonte, cor e formato de botões, formatação de tabelas e listas, entre outros.

6.5 TESTES DA APLICAÇÃO

Os testes da aplicação foram realizados manualmente e podem ser divididos em: 1) testes unitários, onde cada função é testada isoladamente; 2) testes modulares, onde são testadas várias funções ao mesmo tempo; 3) testes de tela, onde uma tela inteira é testada; 4) teste de integração de tela, onde são testadas as integrações entre duas ou mais telas; e 5) teste de sistema, teste que é realizado com software e periféricos como um todo.

Os testes 4 e 5, além de serem realizados pelos desenvolvedores, são também realizados com a presença do usuário final, sincronizando o esperado com o realizado.

Os testes acima descritos foram realizados durante o desenvolvimento do software e, assim que aprovados sequencialmente, seus resultados levavam às etapas seguintes, chegando-se ao teste do sistema realizado pelos desenvolvedores. Os testes não foram automatizados e, portanto, não é gerado um Relatório de Falhas possíveis.

6.6 TESTES DO SISTEMA

Para o teste definitivo do sistema, foi definida a implantação de um lote piloto, onde foi instalada toda a infraestrutura necessária para o funcionamento do sistema.

6.6.1 Implantação do Piloto

O teste com o lote piloto consistiu em realizar a marcação de código *DataMatrix* em instrumental cirúrgico a serem acondicionados em 10 caixas, totalizando cerca de 500

instrumentos. Foi verificada a velocidade de leitura das mesmas. Instalação de dois leitores *RFID*, ambos com 4 saídas de antenas, permitindo a definição de até 4 pontos de leitura. Um dos leitores *RFID* foi instalado na CME e 3 pontos de leitura foram selecionados: 1) Entrada do expurgo da CME; 2) Saída 1 da esterilização; 3) Saída 2 da esterilização. O outro leitor *RFID* foi instalado na saída do centro cirúrgico (expurgo), com somente 1 ponto de leitura localizado na entrada do expurgo do centro cirúrgico (já sob responsabilidade da CME).

Complementando a infraestrutura, foram instaladas estações de trabalho, duas localizadas na área de preparo e montagem da CME e uma no expurgo do centro cirúrgico. O hospital já possuía estações de trabalho na entrada do expurgo da CME, na área de esterilização da CME, na saída da área de armazenagem (arsenal) da CME e na sala da administração da CME.

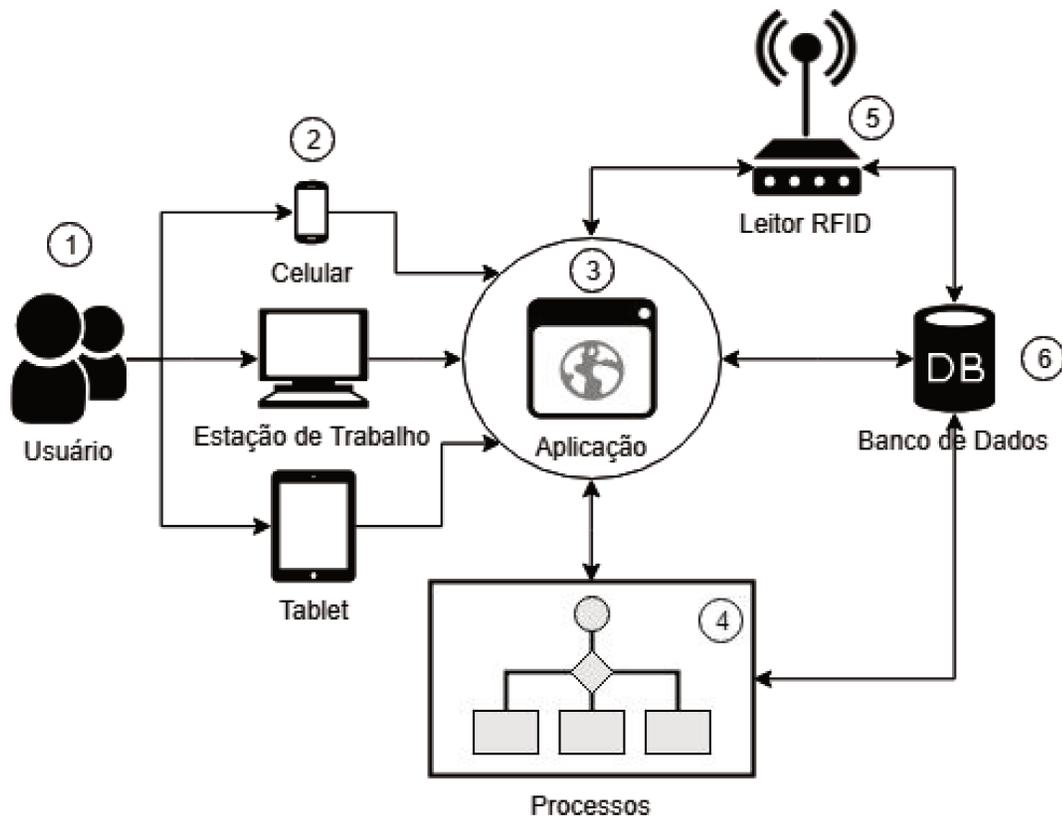


Figura 56: Arquitetura do Sistema (Fonte: Autor).

Na Figura 56 está ilustrada a arquitetura do sistema piloto, onde (1) é o usuário que acessa o sistema através de (2) que são os dispositivos capazes de acessar um navegador e interagir com a aplicação WEB. (3) representa a aplicação WEB que gerencia e trata o fluxo de dados do sistema, tornando possível a interação do usuário com os diversos processos e funções

implementados, com o banco de dados e as leituras RFID. (4) são os processos descritos no fluxograma da aplicação WEB na seção 6.3. (5) representa a presença de leitores RFID que verificam automaticamente a localização dos objetos, passando esta informação para a aplicação e para o banco de dados. (6) é o banco de dados, onde estão registrados os dados pertinentes ao sistema.

6.6.2 Procedimento de teste do Lote Piloto

O teste do lote piloto é iniciado pelo cadastro dos usuários no sistema desenvolvido. Estes usuários possuem níveis de permissão no software, como acesso a telas restritas, possibilidade de cadastrar produtos e outros usuários. Todas estas tarefas de cadastro são de responsabilidade da administração, logo, são realizadas na área administrativa da CME.

O cadastro é composto por formulários que devem ser preenchidos com as informações pertinentes ao que se está cadastrando. No Apêndice B encontram-se os manuais das telas de cadastro. As telas que se referem a produtos, especialidades e classificação de produtos são interdependentes e possuem uma hierarquia onde uma especialidade depende da criação de um produto e um produto depende da criação de uma classificação.

Na Figura 57 está ilustrada a tela de classificação de produtos, na qual há uma hierarquia já cadastrada. A hierarquia adotada possui 4 níveis, porém, esta é uma decisão de cada hospital, podendo ser personalizada de acordo com o sistema de classificação de materiais adotado pelo estabelecimento.



Figura 57: Exemplo de classificação de produtos preenchida no software (Fonte: Autor).

Na Figura 58 está ilustrado o resumo de produtos cadastrados, com alguns exemplos, contendo os seguintes campos: Nome, Código *DataMatrix*, Status, Local e dois campos de edição (Editar e Deletar).

Nome	Data Matrix	Status	Local	Edição	Deletar
Cabo n°3	A00001	ativo	cme	Editar	Deletar
Cabo n°3	A00002	ativo	cme	Editar	Deletar
Cabo n°3	A00003	ativo	cme	Editar	Deletar
Cabo n°4	A00004	ativo	cme	Editar	Deletar

Figura 58: Exemplo de lista de produtos já cadastrados no software, com Nome, Código *DataMatrix*, Status e Local (Fonte: Autor).

Na Figura 59 estão ilustrados alguns exemplos de caixas (kits) cadastrados. No campo CLASS4_JSON foi utilizado um protocolo para este cadastro, onde “c4” é a identificação do produto e “qnt” é a quantidade de itens iguais na caixa.

	◆ NOME	◆ CLASS4_JSON	◆ CREATED_AT
1	Associação A1	[{"c4":1,"qnt":3}, {"c4":2,"qnt":1}, {"c4":3,"qnt":3}]	22/11/18 12:50:...
2	Associação A2	[{"c4":1,"qnt":2}, {"c4":3,"qnt":4}, {"c4":4,"qnt":3}]	22/11/18 12:50:...
3	Associação A3	[{"c4":1,"qnt":3}, {"c4":3,"qnt":2}, {"c4":5,"qnt":3}]	22/11/18 12:50:...
4	Associação A4	[{"c4":6,"qnt":3}, {"c4":10,"qnt":1}]	22/11/18 12:50:...
5	Associação A5	[{"c4":7,"qnt":3}, {"c4":8,"qnt":1}, {"c4":9,"qnt":3}]	22/11/18 12:50:...
6	Associação A6	[{"c4":10,"qnt":3}, {"c4":11,"qnt":1}, {"c4":12,"qnt":3}]	22/11/18 12:50:...

Figura 59: Lista exemplo de produtos caixas (kits), com ID, NOME, CLASS4_JSON (Protocolo JSON de produtos cadastrado) e data de criação (Fonte: Autor).

Com os produtos cadastrados, os testes de processo podem ser realizados e seguem os passos da CME: 1) Recepção de materiais no expurgo; 2) Preparo e montagem das caixas cirúrgicas; 3) Processo de esterilização; 4) Armazenagem dos materiais esterilizados; 5) Despacho dos materiais; e 6) Utilização e devolução pelo centro cirúrgico.

7 DISCUSSÃO

Neste trabalho abordou-se o desenvolvimento de um sistema para rastreabilidade de instrumentos cirúrgicos, o qual foi implantado e testado em um lote piloto na central de materiais e esterilização do Hospital Estadual Sumaré Dr. Leandro Francheschini.

O sistema é composto pelas tecnologias *RFID* e código *DataMatrix*, para a identificação de caixas e instrumentos cirúrgicos respectivamente. O sistema é assistido por um software que é utilizado como interface com o usuário, controle dos hardwares e comunicação do sistema com o banco de dados.

7.1 DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO

Foram encontradas dificuldades para a implementação deste projeto no seguinte cenário: mercado brasileiro, requisitos do HES e desenvolvimento de um sistema de baixo custo para permitir sua inserção em hospital público. Foram identificadas as seguintes dificuldades:

- ◆ Falta de fornecedores experientes em marcação de código em instrumentos cirúrgicos;
- ◆ Preço e disponibilidade de equipamentos (Leitores *RFID*, Leitores *DataMatrix* e outros componentes do sistema *RFID*);
- ◆ Etiquetas resistentes a uma quantidade razoável de ciclos de esterilização, para que o retorno do investimento se justifique.

7.1.1 Escalabilidade

O sistema desenvolvido, fundamentalmente, pode ser considerado como uma aplicação de Internet das Coisas (IoT). Porém, para que o sistema se torne escalável algumas mudanças devem ser implementadas, como um software intermediário para adicionar dispositivos, controlar a comunicação entre os dispositivos e o sistema e manter a segurança das informações que trafegam nesta rede. Portanto, o sistema desenvolvido só pode ser utilizado em pequena escala, para testes e validações pontuais. No caso de uma expansão do sistema, para um número maior

de leitores e acréscimo de outros sensores, deve-se introduzir um software de controle de dispositivos.

7.2 DIFICULDADES DE IMPLANTAÇÃO

Para a implantação do sistema é necessário, durante o levantamento do ambiente, identificar e classificar os instrumentos cirúrgicos. Esta classificação não possui um padrão no Brasil, ou seja, cada hospital possui um padrão interno. Nem sempre este padrão já existente atende às necessidades de um sistema de rastreabilidade como o aqui proposto. Assim, após várias reuniões envolvendo pessoal de TI e da CME, fomos obrigados a criar um padrão próprio para ser cadastrado no sistema.

Outra dificuldade é a resistência natural dos usuários àquilo que é novo, que ocorre sempre que um novo sistema é proposto. Esta resistência é uma barreira que deve ser levada em consideração e tratada com cuidado, para evitar a aversão dos usuários ao novo sistema.

Durante todo o processo de desenvolvimento, os usuários ficaram bem próximos ao desenvolvedor, trazendo para si um sentimento de propriedade do novo sistema, facilitando assim a aderência ao mesmo.

7.3 COMPARAÇÃO COM SISTEMAS DE TERCEIROS

A rastreabilidade de instrumentos cirúrgicos no Brasil é obrigatória e possui algumas providências de acordo com a RDC 15 de 15 de março de 2012 (ANVISA). Este controle, descrito no texto da RDC, possui regras permitindo diferentes interpretações. Assim, o texto pode ser interpretado e seguido de formas diferentes em cada CME em alguns aspectos. Um parâmetro ambíguo na RDC é o nível de rastreabilidade, que pode ser dividido em camadas como exemplificado na Figura 60, onde um nível superior é o agrupamento de um ou mais níveis inferiores.

Nível 1	Lote I			
Nível 2	Caixa(kit) ou Material Avulso I		Caixa(kit) ou Material Avulso II	
Nível 3	Instrumento Cirúrgico I	Instrumento Cirúrgico II	Instrumento Cirúrgico III	Instrumento Cirúrgico IV

Figura 60: Níveis de hierarquia na rastreabilidade de instrumentos cirúrgicos (Fonte: Autor).

No mercado nacional, assim como no sistema vigente na CME do HES, a rastreabilidade existente é a nível de caixas e lote, não identificando o instrumento cirúrgico. Portanto, não há controle de uso da unidade de instrumento cirúrgico, há uma aproximação da estatística de uso, de acordo com a quantidade de vezes que a caixa foi esterilizada e utilizada. Já no mercado internacional, é cada vez mais comum encontrar soluções de rastreabilidade a nível de instrumento cirúrgico, ou seja, cada instrumento possui um número de identificação. Este número torna o instrumento único e, dessa forma, identificável para diversas análises, como estatísticas de uso, manutenção e descarte.

Para manter o controle a nível de instrumental é necessário a utilização de sistemas informatizados. Por isso, este método é mais oneroso e de complexa implementação pois cada instrumento deve ser identificado com algum código e este código deve estar anexado junto à peça.

A busca mercadológica realizada neste trabalho não encontrou nenhuma empresa brasileira ofertando a solução de rastreabilidade de instrumentos cirúrgicos completamente semelhante à apresentada neste documento. Já no mercado internacional, há empresas ofertando a solução de rastreabilidade de instrumentos cirúrgicos, com marcação dos mesmos, juntamente com controle de caixas através de etiquetas RFID e um sistema informatizado de gestão de ativos (instrumentos cirúrgicos), todos integrados formando uma única solução. Essa solução foi a aqui implementada.

7.3.1 Sistema Vigente da CME do HES

O sistema vigente na CME do HES é composto pelo controle a nível de caixa e possui um sistema informatizado para registro deste controle e interação com os usuários. Apesar de manter um controle dos materiais da CME, este sistema não possui as estatísticas de uso e o controle por unidade dos instrumentos. A forma que o sistema vigente registra os materiais que compõem uma caixa é ilustrada na Figura 61, onde um campo de texto é disponibilizado ao usuário para que ele digite os materiais pertencentes àquela caixa.

Cadastro de caixas

Listagem **Cadastro**

ID: 0003962 Ativo

Tamanho: GRANDES

Descrição: CRANIOTOMO SYNTHES EMPRESTIMO - SMS

Qtd de Itens: 38 Dias de Validade: 180

Itens da caixa

*** CRANIÓTOMO EMPRÉSTIMO SYNTHES ***

- () 01 CAIXA PERFORADA DE INOX (68.000.000)
- () 01 PEÇA PRETA (05.001.082) PRATELEIRA DEBAIXO
- () 01 PEÇA PRETA (05.001.074) PRATELEIRA DEBAIXO
- () 01 PEÇA LONGA XXL (05.001.055) PRATELEIRA DEBAIXO
- () 01 MANGUEIRA PRETA DO CRANIÓTOMO (05.001.083) PRATELEIRA DEBAIXO
- () 01 CRANIÓTOMO (05.001.080) PRATELEIRA DEBAIXO
- () 01 ADAPTADOR DE ENGATE ANGULAR (05.001.085) PRATELEIRA DEBAIXO
- () 02 VELCROS PARA FIXAÇÃO MANGUEIRA CRANIÓTOMO PRATELEIRA DEBAIXO
- () 01 CAIXA PERFORADA PEQUENA COM:
- () 01 FRESA CRANIAL (FRESA DE CORTE) *PERTENCE AO HES*
- () 01 FRESA ESFÉRICA 5,0MM (FRESA CORTANTE DO DRILL)
- () 01 FRESA PARA TRÉPANO 7MM
- () 01 FRESA PATA TRÉPANO 12MM
- () 01 PROTETOR DURA-MÁTER M

Figura 61: Tela de cadastro de caixas do sistema vigente na CME do HES (Fonte: Autor).

7.3.2 Mercado Nacional

No mercado nacional encontram-se empresas que prestam serviço de marcação de instrumentos. Esta marcação pode ser realizada através de marcação eletroquímica, transferência

térmica, laser e punção. Para a marcação de código, as empresas que realizam a marcação com laser oferecem a solução, porém, devido à falta de empresas fornecedoras do software e de sistemas mais completos, estas empresas acabam realizando a marcação da logomarca ou informações escritas em números e letras nos instrumentos cirúrgicos.

7.3.3 Mercado Internacional

No mercado internacional encontram-se diversas empresas que oferecem a solução completa de rastreabilidade de instrumentos cirúrgicos a nível de instrumento. Juntos já instalaram o sistema em, pelo menos, centenas de hospitais distribuídos principalmente na América do Norte e Europa. Segue o sítio na WEB de algumas delas:

- ◆ <https://www.keysurgical.com>
- ◆ <https://www.bd.com>
- ◆ <https://www.aesculapusa.com>
- ◆ <https://www.censis.com>
- ◆ <https://nutrace.net>

A NuTrace™ chama atenção para os estudos que realizou sobre o dano que uma marcação errada pode trazer ao instrumento, mostrando que o mesmo pode apresentar ferrugem onde a marca foi realizada. Oferece um marcador a laser portátil, um mouse sem toque e um leitor *DataMatrix* próprio para instrumentos cirúrgicos. Estes itens são necessários para o funcionamento do sistema desenvolvido neste trabalho.

Nossa solução utiliza hardware de terceiros e foi em busca de parceiro industrial para fazer a marcação a laser nos instrumentos cirúrgicos. Há a necessidade de marcar todos os instrumentos do HES quando o novo sistema estiver implantado naquele hospital.

7.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do sistema de rastreabilidade de instrumentos cirúrgicos se mostrou um projeto complexo e que necessitou de 3 anos para ser desenvolvido, abrangendo as seguintes

etapas: 1) definição, 2) execução e 3) implantação. O know-how adquirido pelos participantes foi multidisciplinar, nas áreas de Mapeamento e Análise de Processos, Centrais de Materiais e Esterilização, Desenvolvimento de Software (WEB e API's), Tecnologias de Identificação (*RFID* e *DataMatrix*). Ainda tiveram a experiência de entrar em contato com diversas empresas nacionais para o desenvolvimento de fornecedores para o sistema. A vivência no ambiente hospitalar foi fundamental para o entendimento do processo, aprendizado dos termos utilizados, reconhecimento da rotina e particularidades que o ambiente hospitalar impõe.

Este projeto foi capaz de abranger a rastreabilidade dos materiais básicos e pertencentes à CME do HES, podendo ser expandido para os materiais consignados. Utilizando-se da mesma infraestrutura instalada, o sistema também pode ser expandido para detectar automaticamente a localização de outros objetos, como roupas e equipamentos hospitalares nos ambientes que são contemplados com os leitores RFID.

O software desenvolvido representa com coerência os processos da CME do HES, assim como possui uma interface intuitiva e amigável, pois o seu desenvolvimento foi pautado na experiência do usuário e com o auxílio dos profissionais do Hospital Estadual Sumaré.

Apesar do desconhecimento da linguagem *Ruby* por parte da equipe no início do projeto, a sua escolha foi considerada assertiva, pois a curva de aprendizado da mesma é realmente acentuada, como esperava-se. Além disso a linguagem *Ruby* é organizada e intuitiva quando usada com o *framework Rails*, o que torna o desenvolvimento rápido com diversas bibliotecas já testadas e gratuitas.

A equipe esperava que a implantação do sistema fosse possível ao término do período de desenvolvimento, mas não foi possível até o momento de finalização deste texto, portanto, somente um lote piloto foi utilizado para realização de testes, ficando para trabalhos futuros a realização da implantação completa e coleta de dados de utilização.

8 CONCLUSÃO

O objetivo geral deste projeto foi o desenvolvimento e a implantação de um sistema de gerenciamento e rastreabilidade de instrumentos e caixas cirúrgicas para uma central de materiais e esterilização. Este sistema, atendendo à proposta inicial, deveria apresentar relativo baixo custo e poder ser implementado em hospitais públicos ou conveniados ao SUS. O projeto teve parceria imprescindível do Hospital Estadual Sumaré “Dr. Leandro Francheschini” e sua equipe multidisciplinar (direção do Hospital, pessoal da CME e da equipe de TI do hospital). Foi ainda apoiado financeiramente pelo CNPq (Processo 468265/2014-7) e pelo CEB da UNICAMP.

Neste projeto foram realizadas todas as etapas previstas nos objetivos gerais e específicos propostos neste trabalho. O sistema está instalado no HES como um software protótipo, para se tornar um sistema em produção será necessário que seja realizada a marcação de todos os instrumentos cirúrgicos da CME, treinamento dos funcionários e acompanhamento da transição dos processos.

8.1 ARTIGOS PUBLICADOS

- ◆ Artigo apresentado com título “DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA RASTREABILIDADE E CONTROLE DE INSTRUMENTAIS CIRÚRGICOS EM CENTRAL DE MATERIAIS E ESTERILIZAÇÃO DE UM HOSPITAL PÚBLICO”, no Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, em 2016;

- ◆ Apresentação de projeto com título “Low cost system design for traceability and control of surgical instruments in a public hospital”, no Congresso Mundial de Física Médica e Engenharia Biomédica (IUPESM - World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering), ocorrido em Praga, República Tcheca em 2018. Sendo agraciado com honra ao mérito na competição do IFMBE Student Design Competition.

8.2 TRABALHOS FUTUROS

A continuação deste trabalho poderá ser realizada através das seguintes iniciativas:

- ◆ Melhorias e correções no software desenvolvido;
- ◆ Testes prolongados da aplicação;
- ◆ Aumento da população de materiais abrangida pelo piloto;
- ◆ Expansão do sistema RFID para outros setores do hospital;
- ◆ Desenvolvimento de outros softwares de localização de ativos;
- ◆ Buscar empresas para o desenvolvimento comercial do sistema.

8.3 FINANCIAMENTOS

- ◆ CNPq - Bolsas e aporte financeiro do projeto sob o protocolo n. 468265/2014-7;
- ◆ Centro de Engenharia Biomédica – CEB - Apoio financeiro na compra de equipamentos necessários ao desenvolvimento do projeto;
- ◆ CAPES - Provimento de bolsa durante o início do projeto.

9 REFERÊNCIAS

AHSON, S., ILYAS, M. **RFID Handbook: Applications, Technology, Security and Privacy**. CRC Press Web, 2008.

ASTA, D. D.; BARBOSA, A. P.; **Modelo conceitual de mensuração de desperdícios em hospitais privados**. Revista de Gestão em Sistemas de Saúde – RGSS, Vol. 3, N. 1. Janeiro/Junho. 2014.

BEINARE, D.; McCARTHY, M.; **Civil Society Organizations, Social Innovation and Health Research in Europe**, European Journal of Public Health, vol. 22, n. 6, pp. 889-893, 2011.

BENHAIM, M., HOULETTE, C., ILTERIS ONEY, L., BUCKLEY, D., DENTES, D., VAN EEGHEM, M., et al.; **GS1 DataMatrix Introduction and technical overview**, www.gs1.org/services/publication/online. Acesso em: 13/11/2018, http://www.gs1.org/docs/barcodes/GS1_DataMatrix_Introduction_and_technical_overview.pdf, 2011

BRASIL, **Resolução - RDC nº 15, de 15 de março de 2012**, ANVISA, Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0015_15_03_2012.html Acessado em: 04/06/2018.

CABRAL, L. S.; DUARTE, R. R. L. **ManagerTools: Uso da tecnologia de identificadores de rádio frequência (RFIDs) para rastreamento de ativos nos Centros Médicos de Esterilização**. Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde, [S.l.], v. 7, n. 3, sep. 2013. Disponível em: <<http://www.reciis.icict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/view/594/1235>>. Acesso em: 01 sep. 2016.

CHAWATHE, S. S.; **Beacon placement for indoor localization using bluetooth**, 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 2008. pages 980– 985, 2008.

COUSTASSE, A.; TOMBLIN, S.; SLACK, C.; **Impact of Radio-Frequency Identification (RFID) Technologies on the Hospital Supply Chain: A Literature Review**, Perspectives in Health Information Management, 2013.

COSTA A. O.; CRUZ E. A.; GALVÃO M. S. S.; MASSA N. G. **Esterilização e desinfecção: Fundamentos básicos, processos e controles**. São Paulo. Cortez, 1990.

FARIAS, R. M., COSTA, E. T. , VIEIRA JR. F. U., ZEGARRA, E. T., PRESTES, D. H., BARROSO R. L., BECK, E. M. S., ROCHA, E., e LOPES, L. R.; **Desenvolvimento de Sistema Para Rastreabilidade e Controle de Instrumentais Cirúrgicos em Central de Materiais e Esterilização de um Hospital Público**, Apresentação de poster no CBEB 2016: 25TH Brazilian Congress on Biomedical Engineering, 2016.

FERREIRA, V. R. S.; NAJBERG, E.; FERREIRA, C. B.; BARBOSA, N. B.; BORGES, C.; **Inovação em serviços de saúde no Brasil: análise dos casos premiados no Concurso de Inovação na Administração Pública Federal**. Universidade Federal de Goiás, Rev. Adm. Pública — Rio de Janeiro 48(5):1207-1227, set./out. 2014.

FINKENZELLER, K.; **RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication**, Third Edition, John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978-0-470-69506-7, 2010

FUHRER, P.; GUINARD, D.; **Building a Smart Hospital Using RFID Technologies: Use Cases and Implementation**, European Conference on eHealth 2006, Proceedings of the European Conference on eHealth 2006 (ECEH'06), 2006.

GRAZIANO, K. U., LACERDA, R. A., TURRINI, R. N. T., BRUNA, C. Q. DE M., SILVA, C. P. R., SCHMITT, C., MORIYA, G. A. A., TORRES, L. M.; **Indicadores de avaliação do processamento de artigos odonto-médico-hospitalares: elaboração e validação**, Revista da Escola de Enfermagem da USP, Vol. 43(spe2), 2009.

HEEKS, R.; ROBINSON, A. **Ultra-low-cost computing and developing countries**. Communications of the ACM, ACM, v. 56, n. 8, p. 22–24, 2013.

HULTGREN, M.; PAPATHANOPOULOS, D.; **Evaluating the usage of Bluetooth Low Energy Beacons and Smartphones for Indoor Positioning**, University of Gothenburg, Göteborg, Suécia, 2014.

LEFEBVRE, É.; CASTRO, L.; LEFEBVRE, L. A.; **Assessing the prevailing implementation issues of RFID in healthcare: A five-phase implementation model**, international journal of computers and communications issue 2, volume 5, 2011.

MARKTSCHIEFFEL, T.; GOTTSCHLICH, W.; POPP, W.; WERLI, P.; FINK, S. D.; BILZHAUSE, A.; MEER, H.; **QR code based mutual authentication protocol for Internet of Things**, World of Wireless Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM) 2016 IEEE 17th International Symposium on A, pp. 1-6, 2016.

PADOVANI, G.; **Hospital Inteligente: Tecnologias muito além da TI**. Revista FH, Issue 200, pp. 84-86. 2012. Disponível em: <http://saudebusiness.com/noticias/hospital-inteligente-tecnologias-muito-alem-da-ti/>, Acesso em: 12/12/2016.

PAULA F., W. de P.; **Engenharia de Software: fundamentos, métodos e padrões**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PINHEIRO, P. F. F. F.; **Reengenharia e Informatização de Processos da Central de Esterilização do Hospital de São João**, 115 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, FEUP, Porto. 2010.

PRESSMAN, R. S.; **Engenharia de Software: uma abordagem profissional**. 7. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2011.

RAMOS, L.F.; NASCIMENTO, R.G. **Redes RFID**. Cuiabá – MT, 2007. – Centro federal de educação tecnológica de Mato Grosso, Departamento de Pós-graduação, Cuiabá, 2007.

ROBERTI, M., **The History of RFID Technology. Radio frequency identification has been around for decades**. Learn how it evolved from its roots in World War II radar systems to today's hottest supply chain technology. 2005. Disponível em: <http://www.RFIDjournal.com/articles/view?1338/2>. Acesso em 06/07/2018.

SAMSONOV, G. V., **Handbook of the physicochemical properties of the elements**, 1st ed., IFI/Plenum, New York–Washington, USA, 1968.

SARAMAGO, M. A. P.; **Integração de dispositivos inteligentes utilizando conceitos de domótica direcionados a automação hospitalar**. 224 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia Mecânica, Unicamp, Campinas, 2002.

SOMMERVILLE, I.; **Engenharia de Software**. 8. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2007.

TONSIG, S. L.; **Engenharia de Software: análise e projeto de sistemas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

Acesso na WEB:

FILIFELOP, sítio: <https://www.filipeflop.com.br>, Acessado em 16/04/2018

GS1 BRASIL, sítio: <https://www.gs1br.org>, Acessado em 04/06/2018

KEYDOT® da KEYSURGICAL, sítio: <https://www.keysurgical.com>, Acessado em 25/10/2018

IMPRESS™ da BD, sítio: <https://www.bd.com>, Acessado em 04/06/2018

SPM® da AESCULAP, sítio: <https://www.aesculapusa.com>, Acessado em 17/09/2018

CENSITRA™ da CENSIS, sítio: <https://www.censis.com>, Acessado em 23/05/2018

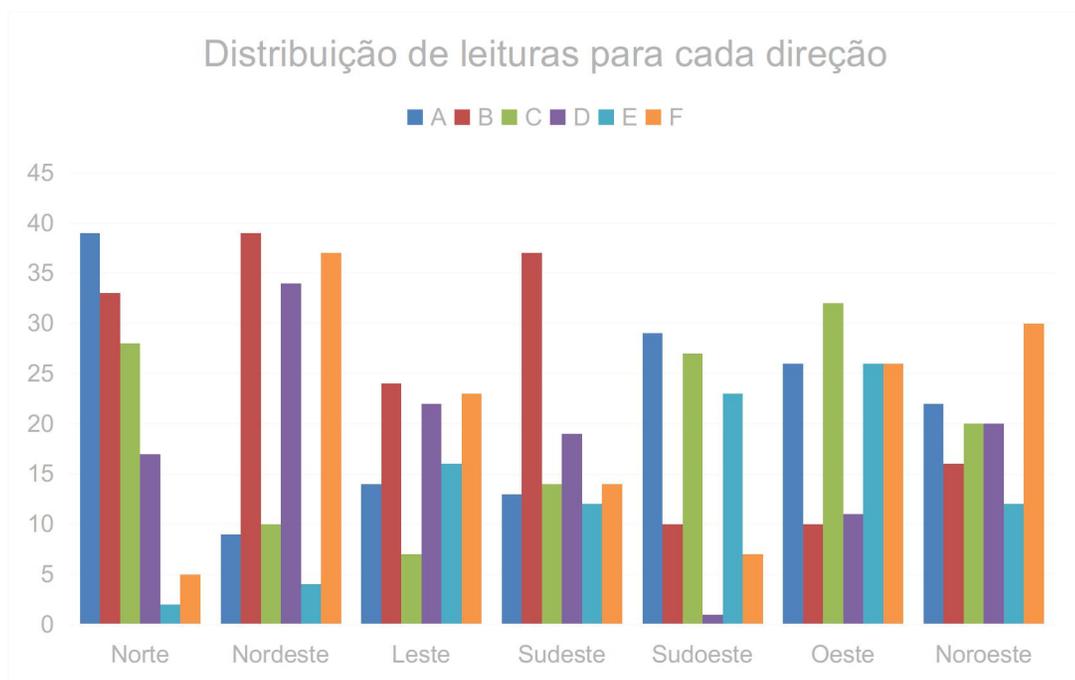
NUTRACE™, sítio: <https://nutrace.net>, Acessado em 05/08/2018

APÊNDICES

APÊNDICE A – RESULTADO DOS TESTES DA ETIQUETA A

Tabela de valores das medições da Etiqueta A em testes de movimentação do carrinho.

Etiqueta	Vezes lida por direção						
	Norte	Nordeste	Leste	Sudeste	Sudoeste	Oeste	Noroeste
A	39	9	14	13	29	26	22
B	33	39	24	37	10	10	16
C	28	10	7	14	27	32	20
D	17	34	22	19	1	11	20
E	2	4	16	12	23	26	12
F	5	37	23	14	7	26	30



APÊNDICE B – MANUAIS DE USUÁRIO PARA OS MÓDULOS DE CADASTRO

MODULO I

Cadastrros

Rafael Marinho Farias

2018

A - MANUAL DE CADASTRO DE USUÁRIOS

CADASTRO DE NOVOS USUÁRIOS

Na barra de menu superior, clicar no menu “Cadastro”, indicado na Figura 1.

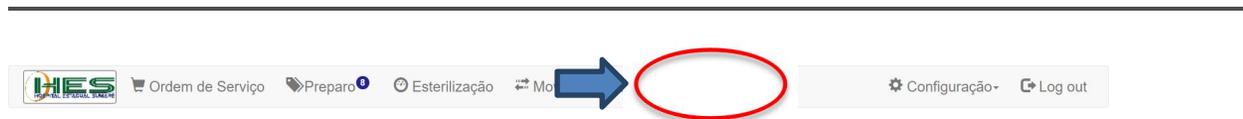


Figura 1: barra de menu superior, destaque para o menu “Cadastro”.

Ao clicar no menu “Cadastro”, aparecerão as opções de cadastro:

- Usuário: Adição de novos usuários;
- Produto: Adição de novos produtos;
- Kit: Adição de novas caixas cirúrgicas por especialidade.

Para adicionar novos usuários, clicar no menu “Usuário”, indicado na Figura 2.



Figura 2: Barra de menu superior, destaque para o menu “Cadastro - Usuário”.

Aparecerá um formulário para cadastro de novos usuários com as seguintes informações (Figura 3):

- Nome;
 - Login: Usado como *username*, para acessar o software;
 - Senha e confirmação de senha: Necessária para segurança e acesso ao software;
 - Matrícula do funcionário: Identificação numérica do funcionário para a instituição contratante;
 - Função: Define o nível de permissão do usuário no software.
-



Cadastro de Usuário

Nome

Login

Senha (Deve possuir 6 caracteres no mínimo)

Confirmação de senha

Matrícula do funcionário

Função
Escolha a Função

Cadastrar Usuário

Figura 3: Formulário de cadastro de novos usuários.

As funções que um usuário pode ter estão na Figura 4 e são:

- Administração: Responsáveis pela administração da CME;
- Produção: Responsáveis por exercer as diversas funções de produção na CME;
- Informática: Responsáveis pela manutenção do software;
- Atendimento: Responsáveis pela utilização dos kit's cirúrgicos.



Função

- Produção
- Escolha a Função
- Administração
- Produção
- Informática
- Atendimento

Figura 4: Funções pré-cadastradas no software.

Após preencher todos os dados no formulário, clicar em “Cadastrar Usuário”, localizado no final do formulário, ilustrado na Figura 5.



Cadastro de Usuário

Nome
NOVO USUÁRIO

Login
NOVOUSUARIO

Senha (Deve possuir 6 caracteres no mínimo)
.....

Confirmação de senha
.....

Matrícula do funcionário
000001

Função
Produção

Registrar Usuário

Figura 5: Formulário de cadastro de novo usuário, destaque para a finalização do cadastro.

EDIÇÃO DO CADASTRO DE USUÁRIOS

Na barra de menu superior, clicar no menu “Configuração”, indicado na Figura 6.

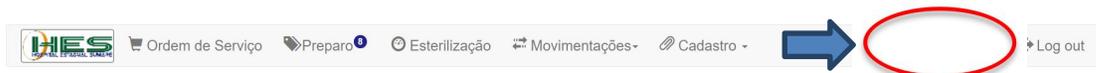


Figura 6: Barra de menu superior, destaque menu “Configuração”.

Ao clicar no menu “Configuração”, aparecerão as opções de configuração:

- Usuários;
- Classificação de Produtos;
- Autoclaves;
- Armários.

Para editar o cadastro de usuários, clicar no menu “Configuração - Usuários”, indicado na Figura 7.



Figura 7: Barra de menu superior, destaque para o menu “Configuração - Usuário”.

Na Figura 8 ilustra a tela de “Usuários Cadastrados”, há 2 botões na mesma linha do nome do usuário, “Editar” e “Deletar”.

Ao clicar em “Editar” a tela de edição do cadastro irá abrir, esta tela possui o mesmo formulário de cadastro de novo usuário. É necessário a senha para editar dados cadastrais. No caso de esquecimento de senha, deve-se procurar o setor de informática.



Nome	Username	Função	Matricula	Editar	Remoção
Antonio	Antonio	Produção	4	Editar	Deletar
Atendimento	Atende	Atendimento	6	Editar	Deletar
Joana	Joana	Produção	3	Editar	Deletar
Maria	Maria	Produção	2	Editar	Deletar
NOVO USUÁRIO	NOVOUSUARIO	Produção	000001	Editar	Deletar

Figura 8: Tela de usuários cadastrados, listagem de usuários já cadastrados.

B - MANUAL DE CADASTRO DE CLASSIFICAÇÃO

Cadastro de Classificação Hierárquica de Produtos

Na barra de menu superior, clicar em “Configuração”, indicado na Figura 1.

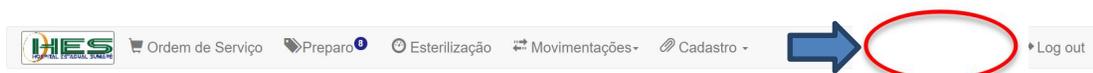


Figura 1: Barra de menu superior, destaque para o menu “Configuração”.

Ao clicar no menu “Configuração”, aparecerão as opções de cadastro:

- Usuários: Adição de novos usuários;
- Classificação de Produtos:
- Autoclaves: Modificar o estado das Autoclaves.
- Armários: Configurar os locais de armazenagem no arsenal.

Para adicionar novos usuários, clicar no menu “Classificação de Produtos”, indicado na Figura 2.



Figura 2: Barra de menu superior, destaque para o menu “Configuração - Classificação de Produtos”.

Aparecerá a tela principal da classificação hierárquica dos produtos, ilustrado na Figura 3. O formato de apresentação dos dados é em árvore, clicando na seta branca ou na pasta da classificação, a classe clicada irá expandir e mostrar os outros níveis de classificação que são vinculados a classe pai.



Figura 3: Página principal da classificação de produtos.

Na Figura 4 está ilustrado um exemplo de classificação pai expandida exibindo o nível inferior de classificação.



Figura 4: Classificação de produtos com classe pai expandida.

Para adicionar uma nova classificação, deve-se clicar em “Adicionar Classificação”, ilustrado na Figura 5.



Figura 5: Página principal de classificação de produtos, em destaque “Adicionar Classificação”

Abrirá uma tela com as opções de adicionar classes de 1 até 4. Ilustrado na Figura 6 está selecionado a adição de uma classificação de nível 1.



Figura 6: Tela para adição de classificação de nível 1.

Ilustrado na Figura 7 está selecionado a adição de uma classificação de nível 2.

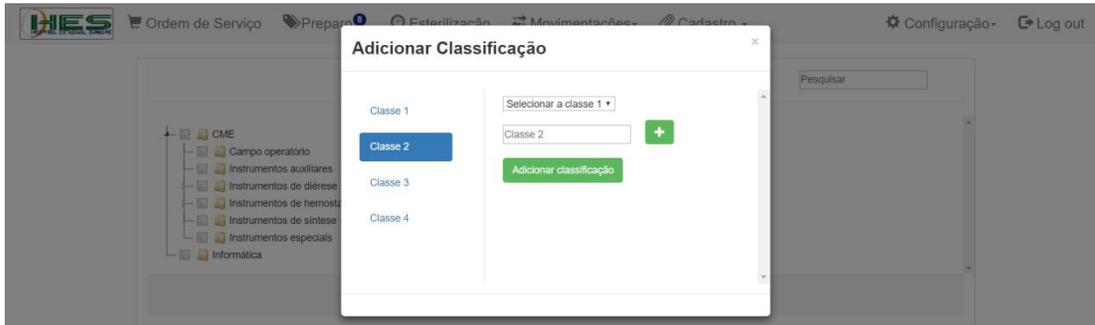


Figura 7: Tela para adição de classificação de nível 2.

Ilustrado na Figura 8 está selecionado a adição de uma classificação de nível 3.

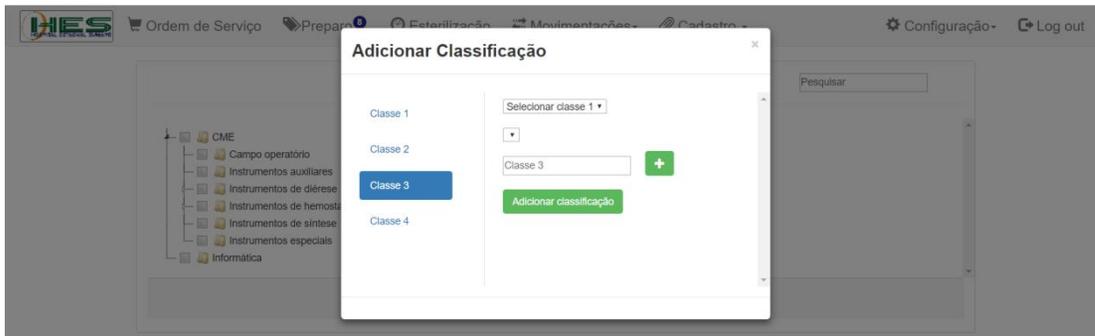


Figura 8: Tela para adição de classificação de nível 3.

Ilustrado na Figura 9 está selecionado a adição de uma classificação de nível 4.



Figura 9: Tela para adição de classificação de nível 4.

Na Figura 10 está ilustrado um exemplo de como adicionar uma classificação extra do mesmo nível. Basta clicar no botão “+” ao lado do campo de adição de nome.

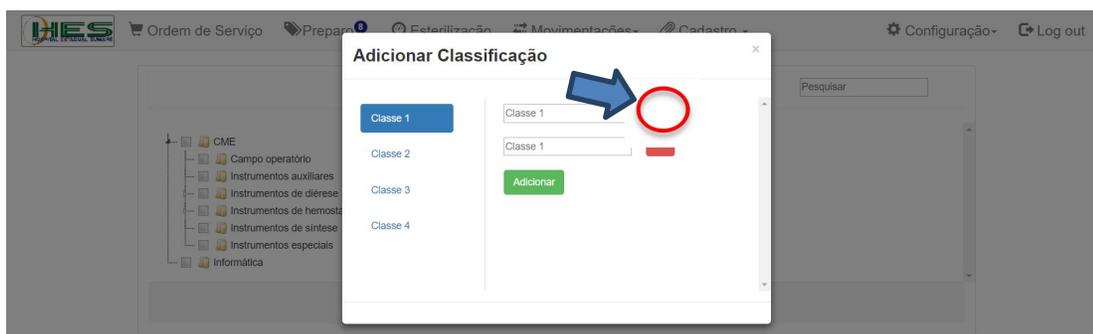


Figura 10: Tela de adição de classificação mais de um nível, destaque para o botão de adição.

Na Figura 11 está destacado o botão “-” que é utilizado para apagar a linha extra de classificação do mesmo nível.



Figura 11: Tela de adição de classificação mais de um nível, destaque para o botão de remoção.

A Figura 12 destaca o campo de pesquisar, onde uma classificação específica pode ser encontrada, digitando o nome da mesma no campo indicado.



Figura 12: Tela principal de classificação de produtos, destaque para o campo de pesquisar.

Para apagar uma classificação deve-se selecionar a mesma como indicado na Figura 13 e clicar no botão em destaque na mesma figura. Uma classificação de nível 1, 2 ou 3, que são superiores à de nível 4, só podem ser apagadas se não possuírem uma classificação de nível 4 vinculada. Uma classificação de nível 4 só pode ser apagada se não possuir nenhum produto vinculado.

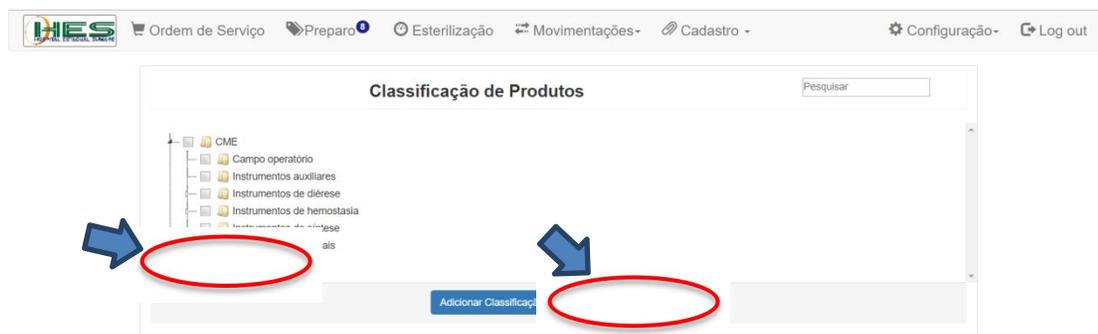


Figura 13: Tela de classificação de produtos, destaque para “Deletar Classificação” e classe selecionada.

C - MANUAL DE CADASTRO DE ESPECIALIDADES DOS KIT'S CIRÚRGICOS

Cadastro de kit's

Na barra de menu superior, clicar em “Cadastro”, indicado na Figura 1.

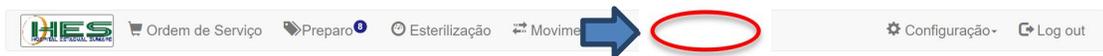


Figura 1: Barra de menu superior, destaque para o menu “Cadastro”.

Ao clicar no menu “Cadastro”, aparecerão as opções de cadastro:

- Usuário: Adição de novos usuários;
- Produto: Adição de novos produtos;
- Kit: Adição de novas caixas cirúrgicas por especialidade.

Para adicionar novos kit's, clicar no menu “Kit”, indicado na Figura 2.



Figura 2: Barra de menu superior, destaque para o menu “Cadastro - Kit”.

Aparecerá um formulário para cadastro de novos kit's com as seguintes informações (Figura 3):

- Nome: Deve ser único para cada kit.
 - Produto;
 - Quantidade.
-

Nome

Index	Caixa	Quantidade	Excluir
1	Produto	Quantidade	✖

Citar

Figura 3: Formulário de cadastro de novos kit's, com destaque para o campo Nome.

Ao digitar a primeira letra no campo produto, o software procura por todos os produtos que possuem este nome e já estão cadastrados, como ilustrado na Figura 4. Ao escolher o produto que deseja, deve-se colocar a quantidade no campo ao lado.

ID: 7

Nome: NOME DO KIT OU ESPECIALIDADE

Listagem de produtos +

Index	Caixa	Quantidade	Excluir
1	Produto	Quantidade	✖

Citar

Figura 4: Formulário de cadastro de novos Kit's, com destaque o campo Produto

Para adicionar mais itens à lista, clicar no botão “+ - adicionar”, cada click irá adicionar uma linha de produto, como ilustrado e destacado na Figura 5.

The screenshot shows the 'Cadastro de Kits' interface. At the top, there is a navigation bar with 'HES' logo and menu items: 'Ordem de Serviço', 'Preparo', 'Esterilização', 'Movimentações', 'Cadastro', 'Configuração', and 'Log out'. The main form area is titled 'Cadastro de Kits' and includes fields for 'ID: 7' and 'Nome: NOME DO KIT OU ESPECIALIDADE'. Below this is a section 'Listagem de' with a table. A red circle highlights a '+' button next to the 'Listagem de' label. A blue arrow points to the table header. The table has columns 'Index', 'Caixa', 'Quantidade', and 'Excluir'. The first row is highlighted and contains '1', 'Kelly Reta', '3', and an 'Excluir' button. Below it are two rows with 'Produto' and 'Quantidade' fields. A green 'Criar' button is at the bottom.

Index	Caixa	Quantidade	Excluir
1	Kelly Reta	3	Excluir
	Produto	Quantidade	Excluir
	Produto	Quantidade	Excluir

Figura 5: Formulário de cadastro de novos Kit's, com destaque para a adição de mais itens.

Para deletar a linha de produto adicional, deve-se clicar no botão “x - deletar” da respectiva linha que se deseja deletar. O botão “x - deletar” está destacado na Figura 6.

The screenshot shows the 'Cadastro de Kits' interface. At the top, there is a navigation bar with 'HES' logo and menu items: 'Ordem de Serviço', 'Preparo', 'Esterilização', 'Movimentações', 'Cadastro', 'Configuração', and 'Log out'. The main form area is titled 'Cadastro de Kits' and includes fields for 'ID: 7' and 'Nome: NOME DO KIT OU ESPECIALIDADE'. Below this is a section 'Listagem de produtos' with a table. A red circle highlights the 'Excluir' button in the third row. A blue arrow points to it. The table has columns 'Index', 'Caixa', 'Quantidade', and 'Excluir'. The first row is highlighted and contains '1', 'Kelly Reta', '3', and an 'Excluir' button. Below it are two rows with 'Produto' and 'Quantidade' fields. A green 'Criar' button is at the bottom.

Index	Caixa	Quantidade	Excluir
1	Kelly Reta	3	Excluir
2	Produto	Quantidade	Excluir
3	Produto	Quantidade	Excluir

Figura 6: Formulário de cadastro de novos Kit's, com destaque para o botão “x - deletar”

D - MANUAL DE CADASTRO DE PRODUTOS

Cadastro de novos produtos

Na barra de menu superior, clicar em “Cadastro”, indicado na Figura 1.

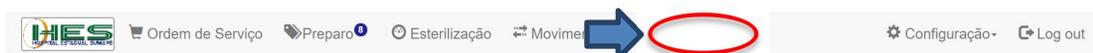


Figura 1: Barra de menu superior, destaque para o menu “Cadastro”.

Ao clicar no menu “Cadastro”, aparecerão as opções de cadastro:

- Usuário: Adição de novos usuários;
- Produto: Adição de novos produtos;
- Kit: Adição de novas caixas cirúrgicas por especialidade.

Para adicionar novos produtos, clicar no menu “Produto”, indicado na Figura 2.



Figura 2: Barra de menu superior, com destaque para o menu “Cadastro - Produto”.

Aparecerá um formulário para cadastro de novos kit's com as seguintes informações (Figura 3):

- Produto: Onde deve-se escolher a classificação do produto, de acordo com as quatro classes anteriormente cadastradas;
- Quantidade: Número de produtos com a mesma classificação que se deseja cadastrar;
- Descrição: Informações adicionais;
- Foto: somente uma foto pode ser adicionada por objeto.

The screenshot shows a web browser window with the HES logo and navigation menu. The main content area is titled 'Cadastro de Produtos'. It contains a form with the following fields:

- Produto:** A dropdown menu with 'Selecionar Classe 1' selected.
- Foto:** A file selection area with a button labeled 'Escolher arquivo' and the text 'Nenhum arquivo selecionado'.
- Quantidade:** A text input field containing the number '1'.
- Descrição:** A large empty text area.

A blue button labeled 'Cadastrar' is positioned at the bottom center of the form.

Figura 3: Formulário de cadastro de novos produtos.

A Figura 4 apresenta um exemplo de cadastro de um Cabo de bisturi N° 3. Neste caso o objeto já possui foto cadastrada no sistema, portanto, ela aparecerá automaticamente.

This screenshot shows the same 'Cadastro de Produtos' form, but with data entered. The 'Produto' dropdown menu is expanded, showing the following options: 'CME', 'Instrumentos de diárese', 'Bisturi', and 'Cabo nº3'. The 'Foto' field now displays a photograph of a scalpel handle. The 'Quantidade' field still contains '1', and the 'Descrição' field remains empty. The 'Cadastrar' button is still visible at the bottom.

Figura 4: Exemplo de cadastro de produto, com foto já anteriormente cadastrada.

Ao clicar em “Cadastrar” abrirá uma tela, ilustrada na Figura 5, para vincular o código DataMatrix das peças no sistema. Isto é feito com a leitura do código DataMatrix através do leitor de código DataMatrix.

Cada peça possui um código único, por isso devem ser cadastradas para que a rastreabilidade individual possa existir.

Para realizar o cadastro simultaneamente de 2 ou mais itens, deve-se clicar no “+”, indicado na Figura 5. Para excluir linhas adicionadas, deve-se clicar no “-”, também indicado na Figura 5.

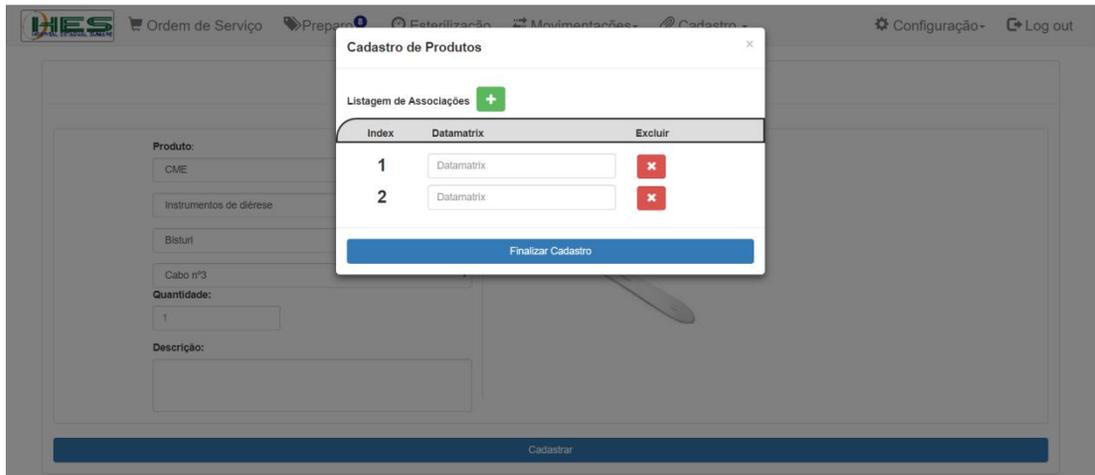


Figura 5: Cadastro de Produtos, vinculação de código DataMatrix no sistema.

APÊNDICE C – TELAS DO SOFTWARE DESENVOLVIDO


[Ordem de Serviço](#)
[Preparo](#)
[Esterilização](#)
[Movimentações](#)
[Cadastro](#)
[Configuração](#)
[Log out](#)

Nova Ordem de Serviço

Listagem de Kits +

Index	Caixa	Embalagem	Quantidade	Excluir
1	<input type="text" value="Associação"/>	<input type="text" value="Campo Cirúrgico"/> <ul style="list-style-type: none"> Campo Cirúrgico Grau Cirúrgico 1x Grau Cirúrgico 2x SMS 	<input type="text" value="quantidade"/>	<input type="button" value="X"/>

Nova Solicitação

Nome: Tester
 Matrícula: 1 | Último login realizado: 22 Nov 2018 - 12:02



Tela 1 - “Nova Ordem de Serviço”.


[Ordem de Serviço](#)
[Preparo](#)
[Esterilização](#)
[Movimentações](#)
[Cadastro](#)
[Configuração](#)
[Log out](#)

Preparo e Montagem

Pesquisar

ID	Nome	Total de Itens
<input type="checkbox"/> 1	Associação A1	7
<input type="checkbox"/> 2	Associação A2	9
<input type="checkbox"/> 25	Associação A1	7
<input type="checkbox"/> 26	Associação A1	7
<input type="checkbox"/> 27	Associação A1	7
<input type="checkbox"/> 28	Associação A1	7

Mostrando de 1 até 6 de 9 registros Anterior Próximo

Novo preparo

Nome: Tester
 Matrícula: 1 | Último login realizado: 22 Nov 2018 - 12:02



Tela 2 - Tela inicial de “Preparo e Montagem”.

Montagem

Tipo de Kit:
Associação A1

Código RFID:

Continuar montagem

Tela 3 - Tela de registro de RFID.

Preparar itens
Kit: Associação A1

[X]	Index	Nome	Código
<input checked="" type="checkbox"/>	0	Cabo nº3	Código
<input type="checkbox"/>	0	Cabo nº3	Código
<input type="checkbox"/>	0	Cabo nº3	Código
<input type="checkbox"/>	0	Cabo nº4	Código
<input type="checkbox"/>	0	Lâmina Fixa	Código
<input type="checkbox"/>	0	Lâmina Fixa	Código
<input type="checkbox"/>	0	Lâmina Fixa	Código

Datamatrix

Adicionar Produto

Finalizar Preparo

Tela 4 - Tela de montagem de produtos na caixa (kit).

Esterilização

resultados por página

Pesquisar

Lote	Responsável	Total de Itens	Hora Do Preparo
Nenhum registro encontrado			

Mostrando 0 até 0 de 0 registros

Anterior Próximo

Novo Lote

Nome: Tester
Matrícula: 1 | Último login realizado: 22 Nov 2018 - 12:02

Tela 5 - Tela inicial de “Esterilização”

Lote 3

Esterilização (Meio Ciclo)

Temperatura: 15

Pressão C. Interna: 5

Pressão C. Externa: -3

Secagem

Pressão na Câmara: 18

Hora de Término: 12:00

ID	Nome do Kit	Responsável	Data de Preparo
22	Associação A1	Tester	11:07 - 22 Nov 2018
23	Associação A1	Tester	11:08 - 22 Nov 2018

Previous 1 Next

Salvar Edição

Tela 6 - Tela de edição de esterilização já existente.

Lote 4

Adicionar Produto: Datamatrix

ID	Kit	Responsável pelo Preparo	Remove
----	-----	--------------------------	--------

Iniciar Esterilização Cancelar

Tela 7 - Tela de montagem de lote, através da leitura de *DataMatrix*.

Autoclaves

Ciclo: Ciclo 1

Autoclave 1 Autoclave 2 Autoclave 3

Escolha a autoclave que irá utilizar.

Tela 8 - Tela de escolha de tipo de ciclo e autoclave, verde - disponível, amarelo - ocupada, vermelha - em manutenção.

HES HOSPITAL ESPECIALIZADO SANGRE

Ordem de Serviço Preparo Esterilização Movimentações Cadastro Configuração Log out

Produtos Disponíveis pra Saída

10 resultados por página Pesquisar

Código	KIT	Data de Validade
Nenhum registro encontrado		

Mostrando 0 até 0 de 0 registros Anterior Próximo

Nova Saída

Nome: Tester

Matrícula: 1 | Último login realizado: 22 Nov 2018 - 12:02

Tela 9 - Tela de seleção de material para empréstimo.

Saída de Materiais

Usuário responsável pela entrega:

Setor solicitante:
Selecione o setor

Usuário responsável pela coleta:

Listagem de Materiais:
Associação A1

Finalizar/Despachar

Tela 10 - Tela de seleção de destinatário utilizador do material.

HES HOSPITAL ESPECIALIZADO SANGRE

Ordem de Serviço Preparo Esterilização Movimentações Cadastro Configuração Log out

Produtos Disponíveis pra Entrada

10 resultados por página Pesquisar

ID do Evento	Nome da Associação	Local da Utilização	Hora da Utilização
12	Associação A5	CC-Centro Cirúrgico	10:50 - 22 Nov 2018
13	Associação A6	CC-Centro Cirúrgico	10:50 - 22 Nov 2018
14	Associação A6	CO-Centro Obstétrico	10:50 - 22 Nov 2018

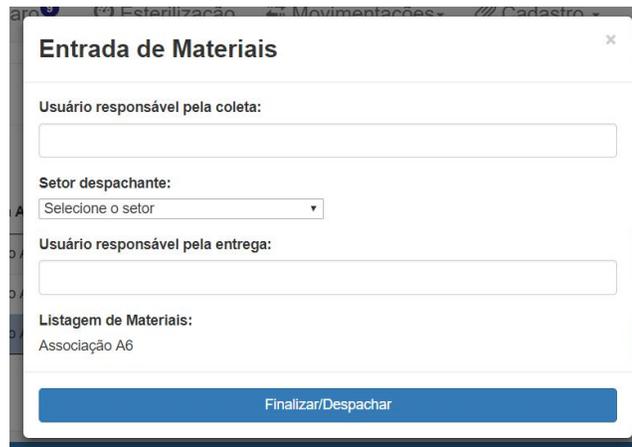
Mostrando de 1 até 3 de 3 registros Anterior 1 Próximo

Nova Entrada

Nome: Tester

Matrícula: 1 | Último login realizado: 22 Nov 2018 - 12:02

Tela 11 - Tela de seleção de material devolvido.



The image shows a screenshot of a web application window titled "Entrada de Materiais". The window has a close button (X) in the top right corner. The form contains the following fields and elements:

- Usuário responsável pela coleta:** A text input field.
- Setor despachante:** A dropdown menu with the text "Selecione o setor" and a downward arrow.
- Usuário responsável pela entrega:** A text input field.
- Listagem de Materiais:** A section with the text "Associação A6" below it.
- Finalizar/Despachar:** A blue button at the bottom of the form.

Tela 12 - Tela de seleção de remetente utilizador do material.

ANEXOS

ANEXO A - INDICADOR DE AVALIAÇÃO DE CAIXAS CIRÚRGICAS



INDICADOR DE AVALIAÇÃO CXS CIRÚRGICAS

PACIENTE: _____

DATA DA CIRURGIA: ____ / ____ / ____ CIRURGIA: _____

CAIXA CIRÚRGICA: _____

COLABORADOR CME QUE REALIZOU PREPARO: _____

- Controle da Caixa Cirúrgica:

- () Paciente não internou
- () Caixa Cirúrgica utilizada
- () Caixa Cirúrgica não utilizada
- () Caixa Cirúrgica completa
- () Caixa Cirúrgica incompleta / com falta de: _____
- () Caixa com sujidade
- () Caixa com peça para trocar, devido:
 - () quebra
 - () desgaste
 - () estar torta
 - () estar c/ funcionalidade comprometida

Peça para trocar: _____

Observações: _____

Circulante: _____

Cirurgião: _____

Data: ____ / ____ / ____