

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA  
BIOMÉDICA**

**SISTEMA DE FRACIONAMENTO AUTOMÁTICO DE  
MEDICAMENTOS**

**ALESSANDRO PINHEIRO  
BRASÍLIA, JUNHO DE 2015**



UnB – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FGA – FACULDADE DE ENGENHARIA – GAMA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

SISTEMA DE FRACIONAMENTO AUTOMÁTICO DE MEDICAMENTOS

ALESSANDRO PINHEIRO

ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ FELÍCIO DA SILVA

BRASÍLIA, JUNHO DE 2015  
UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FGA - FACULDADE DE ENGENHARIA – GAMA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

**SISTEMA DE FRACIONAMENTO AUTOMÁTICO DE  
MEDICAMENTOS**

**ALESSANDRO PINHEIRO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDO À FACULDADE UNB GAMA DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSARIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

**APROVADA POR:**

---

**JOSÉ FELÍCIO DA SILVA, Dr. - FGA/UNB**

(ORIENTADOR)

---

**SÉRGIO RICARDO MENEZES MATEUS, Dr.- FCE/UNB**

(EXAMINADOR INTERNO)

---

**LUÍS FILOMENO DE JESUS FERNANDES, Dr. - FGA/UNB**

(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA, JUNHO DE 2015

**BRASÍLIA, JUNHO DE 2015.**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

ALESSANDRO PINHEIRO  
SISTEMA DE FRACIONAMENTO AUTOMÁTICO DE MEDICAMENTOS, DISTRITO FEDERAL, 2015.

80 PÁGINAS, 210 x 297 MM (FGA/UNB Gama, Mestre, Engenharia Biomédica, 2015)  
Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, Faculdade Gama. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1. Farmácia                 | 2. Serviço de farmácia                                   |
| 3. Medicamentos Fracionados | 4. Preparações Farmacêuticas                             |
| I. FGA UNB Gama/UNB         | II. Sistema de Fracionamento Automático de Medicamentos. |

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

PINHEIRO, A. (2015). **SISTEMA DE FRACIONAMENTO AUTOMÁTICO DE MEDICAMENTOS**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação Nº. 30A/2015, Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 62 páginas.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: ALESSANDRO PINHEIRO

TÍTULO: SISTEMA DE FRACIONAMENTO AUTOMÁTICO DE MEDICAMENTOS

GRAU: MESTRE

ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

2015

ENDEREÇO: QNO 20 COJUNTO 33 CASA 6 – CEILÂNDIA – DISTRITO FEDERAL -  
CEP: 72261-233

*Dedico este trabalho aos meus pais, Hilda e Francisco. À minha esposa Denise Victoy, pelo carinho. Ao Dr. Felício, pela motivação e amizade. A todos que sempre estiveram ao meu lado.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pelas oportunidades. À minha família pelo carinho. A todos professores pelos ensinamentos e motivação. Aos meus colegas do curso: Marlete Maria, Natan Ossami, Felipe Macedo, Alfredo Neto. Aos meus colegas da graduação: Daniel Abreu, Galote, Liu Kang, Pedro Augusto Ramon Thales. A todos que estiveram sempre ao meu lado.

## RESUMO

Farmácia hospitalar é uma entidade que tem responsabilidades clínicas e assistenciais. Ela é responsável pela terapia medicamentosa do paciente e por todos os processos envolvidos nesta atividade. O foco deste trabalho é contribuir com melhorias no processo de fracionamento de medicamentos sólidos que são frequentemente utilizados dentro das farmácias hospitalares. Através de estudo dos principais métodos de corte, foi construído um sistema que permite o fracionamento do medicamento de forma mais segura, tanto para o colaborador e para o paciente. Na execução do projeto, foi utilizado um microcontrolador para gerenciar todo o sistema de fracionamento. Foram utilizadas partes e peças que são facilmente encontradas em mercado local e com custo acessível. O fracionamento foi possível com a utilização de um vazador conectado ao um sistema pneumático composto por uma válvula de acionamento e um cilindro pneumático em alta pressão. O sistema desenvolvido foi capaz de realizar o fracionamento de medicamentos sólidos, apresentado em forma de *blister* (cartela).

**Palavras-chave:** Farmácia. Serviço de farmácia. Medicamentos fracionados. Preparações farmacêuticas.

## ***ABSTRACT***

Hospital pharmacy is an entity that has clinical and care responsibilities. It is responsible for drug therapy of the patient and all the processes involved in this activity. The focus of this work is to contribute to improvements in the fractionation process of solid medicaments that are often used within the hospital pharmacies. Through study of the main methods of cutting, was built a system that allows the fractionation of medicines safer, both for the developer and for the patient. In implementing the project, a microcontroller is used to manage all of fractionation system. Parts and pieces that are easily found in local market and affordably were used. The fractionation was possible with the use of a punch connected to a pneumatic system comprising a valve and a pneumatic actuator cylinder at high pressure. The developed system was able to perform the fractionation of solid drugs, presented as a blister (medicine chart).

**Keywords:** Pharmacy. Pharmacy services. Fractionated drugs. Pharmaceutical preparations.

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMECLATURAS E ABREVIACÕES

A – Ampère

a – autonomia

AH – Automação Hospitalar

ALU – *Arithmetic Logic Unity* (Unidade Lógica Aritmética)

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BD – Banco de Dados

CD-ROM – *Compact Disc Read-Only* (Memory Memória de leitura Disco Compacto)

CFF – Conselho Federal de Farmácia

CFT – Comissão de Farmácia e Terapêutica

CI – Circuito Integrado

CLP – Controlador Lógico Programável

CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas

CPU – *Central Processing Unit* (Unidade de Processamento Central)

CV – Cavalos Vapor

DC – *Direct Current* (Corrente Contínua)

EAFP – *European Association of Hospital Pharmacists* (Associação Europeia de Farmacêuticos Hospitalares)

EAS – Entidade de Assistência à Saúde

EEPROM – *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* (Memória de somente leitura programável e apagável eletronicamente)

ERP – *Enterprise Resource Planning* (Planejamento de Recursos de Empresa)

FH – Farmácia Hospitalar

g – grama

H1 – Hospital 1

H2 – Hospital 2

IUM – Identificador Único do Medicamento

KB – *Kilobyte*

LASER – *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (Amplificação de Luz por Emissão Estimulada de Radiação)

LER – Lesão por Esforço Repetitivo

m/s – metros por segundo

mA – mili Ampère

*md* – média dia

*mh* – média hora

*mm* – média mês

Mpa – Megapascal

ms – mili segundo

NA – Normalmente Aberto

OMS – Organização Mundial para Saúde

PSI – *Pounds per Square Inch* (Libra Força por Polegada ao Quadrado)

PWM – *Pulse Width Modulation* (Modulação por Largura de Pulso)

SFA – Sistema de Fracionamento Automático

SGBD – Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados

SMD – *Surface Mount Device* (Componente de Montagem em Superfície)

SQL – *Structured Query Language* (Linguagem de Consulta Estruturada)

SRAM – *Static Random Access Memory* (Memória estática por acesso aleatório)

SUS – Sistema Único de Saúde

*tc* – tempo de corte

TI – Tecnologia da Informação

*tp* – tempo de posicionamento

USB – Universal Serial Bus (Barramento Serial Universal)

V – Volt

WHO – *World Health Organization* (Organização Mundial de Saúde)

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1: Resultados de uma pesquisa aplicada em um hospital de médio porte localizado em Brasília. Adaptado de CARDOSO, (2013).....	21
Tabela 2: Utilização da tecnologia da informação (TI) em hospitais europeus (n=984). Adesão de países que utilizam <i>softwares</i> para gestão de medicamentos. Adaptado de FRONTINI <i>et al.</i> , 2012. ....	27
Tabela 3: Lista de materiais utilizado no desenvolvimento do sistema. ....	56
Tabela 4: Especificação técnica do microcontrolador ATmega328. ....	79
Quadro 1: Exemplos de formas farmacêuticas presente no mercado nacional. (BRASIL, 2011) .....	31
Quadro 2: Comparação entre fracionamento automático e manual. ....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da informatização da farmácia hospitalar para os EUA. Adaptado de SCHECKELHOFF, 2014. ....	29
Figura 2: Evolução de utilização de prescrição eletrônica nos países europeus. (“EAHP Survey”, 2010).....	29
Figura 3: Gráfico contendo informações de dimensões de <i>Blister</i> . Comprimento médio de 48,4 mm e largura de 102,1 mm. Desvio padrão: 12 e 20,2, respectivamente. ....	32
Figura 4: Teoria do queijo suíço. Adaptado de REASON (2000). ....	34
Figura 5: Emblistadora automática. Imagem de <a href="http://www.directindustry.com">http://www.directindustry.com</a> .35	
Figura 6: Evolução da adesão automação de farmácia hospitalar para os EUA entre os anos de 2002 e 2011. Adaptado de SCHECKELHOFF, 2014.....	36
Figura 7: Adesão de diferentes tecnologias na Europa. Adaptado de FRONTINI; MIHARIJA-GALA; SYKORA, 2012a. ....	37
Figura 8: Figura “a”:deblistador, Figura “b”: embaladora e etiquetadora semiautomática e Figura “c”: unitarizador automático. Imagens de, respectivamente, <a href="http://unitarizadora.com/institucional/farmacia-hospitalar">http://unitarizadora.com/institucional/farmacia-hospitalar</a> .....	38
Figura 9: Exemplo de sistema completo de automação. Adaptado de Swisslog Healthcare Solutions (SWISSLOG, 2015). ....	39
Figura 10: Exemplo de dispensador automático. CARDOSO, 2012. ....	39
Figura 11: Sistema de transporte pneumático. Imagem de <a href="http://www.constructionweekonline.com">http://www.constructionweekonline.com</a> .....	40
Figura 12: Sistema de transporte robotizado.....	41
Figura 13: Hierarquia do sistema de fracionamento. ....	42
Figura 14: Fluxograma de funcionamento do Sistema de Fracionamento Automático. ....	42
Figura 15: Exemplo de diferentes tipos de <i>blister</i> .....	43
Figura 16: Exemplo de código em barras EAN -13. ....	45
Figura 17: Exemplo de código de barras bidimensional, Datamatrix.....	46
Figura 18: Sintaxe de criação de uma tabela. ....	47
Figura 19: Inserção de dados na tabela de blister.....	48
Figura 20: Cloridrato de amiodarona,100 mg. Exemplo de como as cartelas devem ser empilhadas no sistema de corte. ....	48
Figura 21: Exemplo de <i>blister</i> com 88 mm de comprimento, 45 mm de largura e 3 mm de altura. ....	49
Figura 22: Sistema em malha aberta. ....	50
Figura 23: Sistema de malha fechada. ....	50
Figura 24: Fio contendo material cortante ao longo do seu comprimento.....	51

Figura 25: Lâmina circular, pode ser fabricado em latão ou aço inoxidável. ....	52
Figura 26: Exemplo de faca circular, lâmina permite corte retilíneo. Neste exemplo, a lâmina possui 80mm de diâmetro.....	52
Figura 27: Exemplo comum de cartela de medicamento ( <i>blister</i> ) disseminado no mercado. ....	53
Figura 28: Lâmina vazadora, fabricada em latão. Raio de corte de 5mm e comprimento de 24mm.....	54
Figura 29: Corte a Laser. Imagem de <a href="http://classelaser.com.br">http://classelaser.com.br</a> .....	55
Figura 30: Corte através de água à alta pressão. Imagem de <a href="http://www.waterrightsconference.org/waterjetcutting.php">http://www.waterrightsconference.org/waterjetcutting.php</a> .....	55
Figura 31: Arquitetura do sistema de fracionamento.....	56
Figura 32: Ponte H .....	57
Figura 33: Circuito interno para cada pino .....	57
Figura 34: Motor de passo, 20 passos por rotação, 5 V. Fuso com 50 mm. ....	58
Figura 35: Sequência de acionamento para sentido horário. ....	58
Figura 36: Fragmento do software escrito em C++ para execução de um passo para rotacionar no sentido horário.....	59
Figura 37: Sequência de acionamento para sentido anti-horário. ....	59
Figura 38: Fragmento do software em C++ para execução de um passo para rotacionar no sentido anti-horário.....	60
Figura 39: mecanismo de teste para precisão do movimento. ....	61
Figura 40: Válvula de 5 Vias, alimentação de 220V. Pressão de trabalho de 116PSI. ....	61
Figura 41: Placa com relês. Tensão de alimentação de 5V, .....	62
Figura 42: Circuito de acionamento da válvula através do microcontrolador e interruptor eletromecânico.....	62
Figura 43: Cilindro Pneumático. Fabricado pela Parker, apresenta duplo estado, pressão de trabalho de 200 PSI. ....	62
Figura 44: Descrição de funcionamento do sistema pneumático. Formado por uma válvula de 5 vias, cilindro pneumático e compressor de ar. ....	63
Figura 45: Mesa X/Y, movimentos realizado através de trilhos em metal. Possui amplitude de movimento de 20cm nos eixos X e Y.....	64
Figura 46: Pulsos digitais do microcontrolador para acionamento do motor de passo. ....	65
Figura 47: Pulso resultante na saída da do driver de corrente. ....	65
Figura 48: Pulsos na porta do microcontrolador. Valor medido de 4,96 V, em uma tela com 2V por divisão, o intervalo de acionamento de 200ms.....	66
Figura 49: Gráfico que relaciona a pressão aplicada nos terminais do cilindro pneumático em relação a precisão de corte.....	67

Figura 50: Vazador cilíndrico, fabricado em liga metálica de cobre e zinco. ....	68
Figura 51: Cartela de Cloridato de Amiodarona com dois comprimidos fracionados. .....	68
Figura 52: consumo em 2013. A média de 25537. Adaptado de PINHEIRO <i>et al.</i> , 2014. ....	69
Figura 53: Exemplos de fracionamento errado devido ao mal posicionamento da lâmina vazadora. ....	71

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2 OBJETIVOS .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.2 Objetivo Específico .....</b>	<b>23</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1 FARMÁCIA HOSPITALAR .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 AQUISIÇÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3 PRESCRIÇÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>2.4 FRACIONAMENTO .....</b>	<b>30</b>
<b>2.5 DISPENSAÇÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>2.6 AUTOMAÇÃO HOSPITALAR .....</b>	<b>35</b>
<b>2.6.1 Automação de farmácia hospitalar .....</b>	<b>36</b>
<b>3. SISTEMA DE FRACIONAMENTO PROPOSTO.....</b>	<b>42</b>
<b>3.1 IDENTIFICAÇÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1.1 Processamento de Imagem .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1.2 Código de Barras .....</b>	<b>44</b>
<b>3.1.3 Datamatrix.....</b>	<b>46</b>
<b>3.1.4 Banco de Dados .....</b>	<b>47</b>
<b>3.2 ALIMENTAÇÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>3.3 POSICIONAMENTO .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.1 Controle de Posição.....</b>	<b>50</b>
<b>3.4 CORTE .....</b>	<b>51</b>
<b>3.4.1 Fio Cortante .....</b>	<b>51</b>

3.4.2 Lâmina circular .....	51
3.4.3 Lâmina vazadora .....	53
4 MATERIAIS E MÉTODOS .....	56
4.1 MOTORES DE POSICIONAMENTO .....	58
5 RESULTADOS .....	65
6 DISCUSSÃO .....	69
7 CONCLUSÃO .....	72
REFERÊNCIAS .....	73
ANEXO A – PUBLICAÇÕES .....	78
ANEXO B – DATASHEETS .....	79

## 1. INTRODUÇÃO

A Farmácia Hospitalar (FH) é uma entidade responsável pela assistência farmacêutica dos pacientes nos hospitais, sendo coordenada, obrigatoriamente, por um profissional de nível superior, formado em farmácia (BRASIL, 2010).

NETA *et al.* (2011) enfatizam que, além do papel assistencial, esta entidade é responsável por todas as fases da existência do medicamento na instituição, ou seja, ela é responsável pela especificação, recebimento, pesquisa de mercado, transporte e dispensação do medicamento até o paciente.

A Resolução da Diretoria Colegiada de Número 568, de 2012, publicada pelo Conselho Federal de Farmácia, atribui à FH a obrigação de proporcionar segurança ao paciente em todos os processos que envolvem a dispensação de medicamento (BRASIL, 2012).

Um das atividades que envolve a dispensação é o fracionamento de doses. Conceitualmente, fracionar é o ato de segmentar um medicamento em várias partes, não importando a sua forma farmacêutica, podendo estar apresentada na forma sólida, líquida ou pastosa. O fracionamento é realizado, na maioria das vezes, de forma manual sendo justificado pelo fato de que os grandes fornecedores comercializam somente doses múltiplas em seus medicamentos.

O fracionamento do medicamento é uma etapa que faz parte da dispensação. Ela é parte integrante da preparação da dose personalizada e, necessariamente, deve estar condizente com o perfil farmacoterapêutico de cada paciente.

O fracionamento pode ocorrer com ou sem o rompimento da embalagem primária do medicamento. No caso de violação da embalagem, a vigente legislação comenta que “o prazo de validade será, quando não houver recomendação específica, do fabricante, de no máximo 25% do tempo remanescente constante na embalagem original” (BRASIL, 2007). Entretanto, se não houver o rompimento do *blister*, o prazo de validade é o original informado pelo fabricante. Não é recomendado retirar o medicamento de sua embalagem primária original, mesmo sendo de alto ou baixo consumo, pois outros fatores, como infecção cruzada, devem ser considerados.

O Vocabulário Controlado de Formas Farmacêuticas, com o objetivo de homogeneizar os conceitos, padronizou os nomes das formas que podem ser apresentadas no Brasil. Por exemplo, elas podem estar na forma de: cápsulas, gel,

creme, pomada, elixir, suspensão, comprimido, pó, emulsão e xarope. Com via de administração inalatória, retal, ocular, oral e intramuscular (BRASIL, 2011)

Para cada apresentação da forma farmacêutica, há uma embalagem adequada para o perfeito acondicionamento da substância. Por exemplo, os medicamentos sólidos são armazenados em embalagens tipo pote, no caso de grandes quantidades, ou em embalagem tipo cartela também conhecida como *blister*.

*Blister* é um tipo de embalagem utilizado para armazenamento de alimentos, cosméticos e medicamentos. Pode ser fabricados com poliamida, vinil, poliéster ou lâmina de alumínio (Hwang *et al.*, 2010). Cada uma destas substâncias têm uma finalidade, como, por exemplo, a proteção contra impactos mecânicos, intempéries climáticas e, ao mesmo tempo, não permitir que haja uma reação química não desejada no fármaco no interior de sua embalagem, através dos gases contidos no ar atmosférico (AMARAL *et al.*, 2012).

Os sistemas de dispensação, em cada hospital, podem ter várias características e singularidades específicas. Portanto, basicamente há três modelos de dispensação de medicamento: sistema coletivo, individualizado e por dose unitária (GOMES; REIS, 2009).

Nos sistemas de dispensação, apesar de o fluxo de trabalho apresentar clareza nas atividades, ainda apresenta falhas por motivos diversos. SMITH M; RUIZ A; JIRÓN A, (2014) apontam graves problemas nos processos de dispensação de medicamento em um hospital de alta complexidade no Chile. Os principais eventos adversos relatados foram: dose incorreta; receita incorreta (transcrição errada); omissão na dispensação. Os autores mostraram que aproximadamente um a cada três pacientes internados sofreram pelo menos um evento de erro na dispensação da sua terapia medicamentosa (SMITH M; RUIZ A; JIRÓN A, 2014)

No Brasil, LORENZINI *et al.* (2014) mostram que erros de medicação, no cenário em que foi pesquisado, corresponderam a 16,7% do total dos eventos adversos registrado em um hospital. Porém os autores reforçam que o número de eventos registrados pode ser maior, pois muitos colaboradores sentem-se intimidados a registrar os eventos devido à obrigatoriedade da identificação pessoal e com possibilidades de represálias. Os autores enfatizam que é importante que os profissionais de saúde tenham uma capacitação permanente e contínua como elemento de combate a eventos adversos (LORENZINI *et al.*; 2014).

Nos EUA, ARROWOOD e YANIV (2015) mostram que o uso de sistemas

automatizados, no processo de dispensação de medicamento, é uma maneira de aumentar a segurança na dispensação de medicamento e, também, importante para melhorar o fluxo do trabalho dos colaboradores (ARROWOOD; YANIV, 2015).

No Brasil, o processo de dispensação é realizado de acordo com os recursos financeiros e o porte de cada instituição. Algumas, para auxiliar no gerenciamento, implantaram ERP (*enterprise resource planning*) que são sistemas integrados de gestão empresarial. Estes sistemas permitem que as prescrições feitas pela equipe assistencial sejam realizadas de forma totalmente informatizada e com integração em vários setores, como faturamento, almoxarifado e farmácia central. Entretanto, tal recurso, tem baixa adesão nos hospitais do Brasil devido ao alto custo para a sua implantação (SILVA, 2013).

CARDOSO (2013) mostrou como é o processo de dispensação em dois hospitais de Brasília-DF: um hospital universitário de pequeno porte e um hospital privado filantrópico. No hospital universitário, a autora apontou que não havia um *software* que auxiliasse nas prescrições, todo o gerenciamento era realizado através de planilhas e formulários manuscritos. Sobre o hospital privado filantrópico, a autora comenta que o processo de prescrição era realizado através de um *software* especializado em gestão hospitalar. O gerenciamento dos medicamentos também era realizado através do mesmo *software* e com todas as informações interligadas com a farmácia hospitalar, faturamento e suprimentos (CARDOSO, 2013).

Apesar das diferenças de porte entre as instituições, foram apontadas semelhanças entre elas. Ambas realizavam o fracionamento de medicamentos de forma manual, com auxílio de tesoura. No processo adotado pelas instituições, a embalagem primária permanece intacta, porém as informações que possibilitam a identificação do medicamento eram perdidas (CARDOSO, 2013).

Devido à perda de informações no processo de fracionamento manual, realizado pelas duas instituições, o medicamento necessita de uma nova embalagem contendo todas as informações do fármaco, de forma que, novamente, possibilite a sua identificação e rastreabilidade (BRASIL, 2010).

Com o objetivo de melhorar o processo de fracionamento e, por conseguinte, atender à legislação, alguns hospitais privados apresentam em suas farmácias hospitalares um equipamento que auxilia no fracionamento de dose. (BRASIL, 2010) O equipamento chamado de 'unitarizadora semiautomática' é o dispositivo que permite a inserção de uma nova embalagem no medicamento anteriormente

fracionado. Todas as informações são impressas novamente, diretamente na nova embalagem que contém o medicamento, pois, no fracionamento, todas as informações do medicamentos são perdidas.

A unitarizadora semiautomática não tem o recurso de realizar o fracionamento dos medicamentos sólidos apresentados em *blister*, portanto, vários colaboradores ainda precisam realizar o recorte, *blister* por *blister*, separando comprimido por comprimido, para que, em seguida, seja introduzida no equipamento que proporcionará uma nova embalagem.

Os dois cenários apresentados acima, refletem a situação atual das farmácias hospitalares do Brasil. Alguns com total integração em todas as unidades assistenciais e administrativas e muitas instituições com processos gerenciados de forma totalmente manual.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Os equipamentos que realizam o processo de unitarização semiautomáticos fabricados no Brasil não têm capacidade de realizar o fracionamento do medicamento. Portanto, para substituir a tarefa de fracionamento manual realizada pelos colaboradores, é necessário um equipamento que faça o recorte de cada comprimido presente na cartela.

O fracionamento automatizado proporciona mais segurança, já que no processo de fracionamento manual a integridade do medicamento fica totalmente exposta à responsabilidade e à destreza manual de cada colaborador, além de ser um trabalho cansativo e desmotivante.

Uma perfuração acidental da bolha, conhecida também como embalagem primária, poderá contaminar o medicamento, pois é função do *blister* proteger a droga contra reações químicas indesejadas e contaminações biológicas, podendo ser fatal para um paciente.

O volume de fracionamento de medicamentos em uma instituição pode atingir dezenas de milhares de doses ao mês, conforme mostram PINHEIRO *et al.* (2014b), onde o volume de dispensações para o ano de 2013 em um hospital de médio porte, com 90 leitos, localizado em Brasília foi de, em média, 25 mil doses unitárias por mês.

Em face dos riscos apresentado no fracionamento inadequado e também devido ao volume que uma instituição pode fracionar em um mês, é proposto o

desenvolvimento de um equipamento que realiza o fracionamento de medicamentos sólidos, com menor interação humana, de forma que dê mais segurança e que atenda as demandas dos hospitais. Independentemente do porte hospital, o fracionamento é importante e crucial para a automação de dispensação de doses unitárias, pois, no processo de automação hospitalar, o fracionamento é a primeira atividade a ser realizada.

CARDOSO (2013), em sua pesquisa, mostrou que os funcionários de uma instituição, consultados através de um questionário, não se sentiam confortáveis na tarefa de recortar medicamentos com tesoura, pois avaliavam a tarefa como de difícil execução. Todos relataram também que erros poderiam ocorrer nesta atividade. Além dos problemas citados, havia também desmotivação na execução desta atividade, pois muitos se sentiam desvalorizados realizando uma atividade que não faz parte do escopo profissional de cada um. Uma outra atividade – a de conferência e baixa no estoque – foi considerada demorada por todos colaboradores. Ao término do fracionamento, a equipe agrupava os medicamentos em embalagens plásticas. Esta atividade, conforme questionário aplicado, era vista como repetitiva para 67% dos colaboradores entrevistados (CARDOSO, 2013).

No mesmo hospital, citado anteriormente, não há um equipamento que faça a unitarização automática, porém, como mostra a Tabela 1, a maioria dos colaboradores concordavam que a aquisição de um equipamento que faça o corte automático tornaria o processo de dispensação mais seguro, mas todos acreditavam ainda que falhas ainda poderiam ocorrer (CARDOSO, 2013)

Tabela 1: Resultados de uma pesquisa aplicada em um hospital de médio porte localizado em Brasília. Adaptado de CARDOSO, (2013).

Questionamentos	Respostas (%)	
	Sim	Não
O processo é seguro?	67	33
Podem ocorrer falhas?	100	0
O processo ficará mais rápido?	100	0
Será possível cortar <i>blisters</i> o dia todo?	67	33
Perderá seu emprego para a máquina?	33	67

Diante dos problemas levantados, é proposto o desenvolvimento de uma solução que permita o recorte de medicamento de forma autônoma. Dessa forma, será possível:

- a. dar maior segurança à dispensação de medicamentos, pois este processo inicia-se no fracionamento;
- b. os profissionais em saúde terão maior tempo para realizar outras tarefas importantes na assistência aos pacientes;
- c. maior motivação dos colaboradores, pois terão a oportunidade de realizar tarefas que são condizentes com a formação acadêmica.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O propósito do trabalho é o desenvolvimento de um sistema que realiza o fracionamento de medicamentos sólidos, apresentados em embalagem do tipo *blister*.

### 1.2.2 Objetivo Específico

São eles:

- a. realizar o fracionamento de medicamento de forma autônoma e com mínima interação humana;
- b. fracionar medicamentos sólidos, apresentados na forma de *blister*;
- c. contribuir com desenvolvimento tecnológico.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 FARMÁCIA HOSPITALAR

Farmácia é uma entidade responsável pela assistência farmacêutica do paciente. Ela é uma unidade clinicoassistencial com atribuição de caráter técnico, científico e administrativo, em que são executadas atividades vinculadas à assistência medicamentosa ao paciente (BRASIL, 2014).

NASCIMENTO *et al.* (2013) destacam a importância de tal unidade nos hospitais, pois elas são responsáveis por prover o uso racional e seguro de medicamentos, serviços e materiais para saúde. A responsabilidade técnica desta unidade deverá ser atribuída a um profissional com nível superior, formado em farmácia e com registro ativo no Conselho Federal de Farmácia (CFF) (BRASIL, 2012).

Segundo a Resolução de número 568 (BRASIL, 2012), publicada em 6 de dezembro de 2012, é atribuição do farmacêutico:

- a. selecionar o medicamento que melhor atenda à terapia medicamentosa do paciente;
- b. respeitar as diretrizes legais relativas ao armazenamento, gerenciamento de estoque e distribuição do medicamento;
- c. proporcionar ao paciente um sistema seguro de dispensação de medicamentos;
- d. fracionar, quando for necessário, medicamentos de forma precisa.

Segundo legislação, o farmacêutico, em suas atribuições, deve exercer suas atividades com respeito à vida humana, podendo responder dolosa ou culposamente, ainda que não haja intenção, por atos que praticar, omitir, autorizar ou delegar no exercício de sua profissão (BRASIL, 2014).

## 2.2 AQUISIÇÃO

A World Health Organization (WHO) – Organização Mundial para Saúde (OMS) – (2004) apontou que o uso inadequado de medicamentos é um problema grave presente no mundo. Segundo dados da instituição, metade dos medicamentos são prescritos, dispensados ou vendidos de forma inadequada. Portanto, o uso excessivo, a subutilização e o uso errado de medicamentos resulta em risco para a saúde da população mundial (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004).

O processo de aquisição de medicamentos é atribuição direta da FH e está sob responsabilidade direta do farmacêutico. Porém, a decisão de compra deve ser multidisciplinar, ou seja, compartilhada com todo o corpo clínico da instituição. Diante da complexidade na escolha de novos medicamentos, é proposto para o processo de seleção de novas drogas a implantação de uma Comissão de Farmácia e Terapêutica (CFT). A OMS recomenda a criação de uma comissão exclusiva para cada Entidade Assistencial em Saúde (EAS). A motivação da implantação da comissão é compartilhar a experiência de cada profissional no momento da escolha de cada medicamento, considerando aspectos práticos e científicos para a sua aquisição (SANTANA *et al.*, 2014; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004).

A OMS (2014) aponta alguns objetivos estratégicos no processo de aquisição de medicamentos, dentre eles os principais são:

- a. selecionar fornecedores confiáveis que disponibilizem produtos de qualidade garantida;
- b. adquirir medicamentos com o melhor custo-benefício, ou seja, menor preço e maior eficiência na terapia;
- c. tempo de entrega adequado.

SANTANA *et al.* (2014) comentam que em 400 hospitais públicos localizados na França, Holanda e Reino Unido 92% das decisões de aquisição de novas drogas eram baseadas em resultados clínicos discutidos pela CFT.

Em última pesquisa realizada pela *European Association of Hospital Pharmacists* (EAHP) – Associação Europeia de Farmacêuticos Hospitalares –, em um trabalho feito no continente europeu, em 878 instituições, de 32 países, mostrou que 90,8% têm a CFT implantada. Países como Bulgária, Dinamarca, Portugal, Suíça e

Ucrânia apresentaram o comitê em todos os hospitais pesquisados (“EAHP Survey”, 2010)

Nos EUA, segundo PEDERSEN *et al.* (2014), das 414 instituições pesquisadas, 409 afirmaram que utilizam a CFT para tomar decisões pertinentes à FH.

No Brasil, o processo de aquisição de medicamentos ainda é, em sua maioria, realizado sem a submissão na CFT. Desta forma, há a possibilidade de uma aquisição ser efetuada com um viés pessoal e, não raro, sob forte influência do *marketing* de laboratórios (Magarinos-Torres *et al.*, 2014).

Os laboratórios são extremamente agressivos na divulgação de seus novos fármacos e na consolidação dos já existentes. O *marketing* inicia-se na formação acadêmica do profissional, ou seja, na universidade, através de manobras comerciais disfarçadas de incentivos em pesquisas. Esses “incentivos” se estendem por toda carreira de alguns profissional em saúde, por exemplo, através de custeamento de viagens para congressos e amostras grátis para seus pacientes (ANGELL, 2004).

Na aquisição de medicamentos, em uma escala maior, considerando a compra de medicamentos para o Sistema Único de Saúde (SUS), há pessoas que cuidam de certos ramos de negócio no congresso, influenciando na aprovação de leis que os beneficiem (lobistas). Portanto, a CFT é de extrema importância no processo de aquisição de medicamentos para um hospital pequeno e também é importante se aplicada na gestão pública de medicamentos de qualquer país. (ANGELL, 2004).

É recomendada para os EAS’s a utilização de *softwares* ERP em conjunto com a CFT de hospital, pois através da consulta de informações armazenadas em seu banco de dados (medicamento, patologia, tempo de recuperação) é possível mensurar o custo e a efetividade de cada insumo. Conseqüentemente, permitirá uma melhor condução para as decisões de aquisições futuras de medicamento e correlatos.

FRONTINI *et al.* (2012) mostram a grande adesão destes *softwares* nos países europeus, conforme pesquisa realizada pela EAHP. Os autores apontam, como mostrado na Tabela 2, países que utilizam *softwares* com banco de dados de medicamentos e específicos para cálculo de dose. No total de 984 instituições pesquisadas, 62,2% apresentaram estes *softwares* para auxiliar a terapia do paciente.

Tabela 2: Utilização da tecnologia da informação (TI) em hospitais europeus (n=984). Adesão de países que utilizam *softwares* para gestão de medicamentos. Adaptado de FRONTINI *et al.*, 2012.

Países	Banco de dados de medicamentos (%)	Cálculo de dose (%)
Todos os Países	62.2	27.0
Áustria	88.6	45.7
Bélgica	76.5	44.1
Bulgária	25.9	1.9
Croácia	26.3	5.3
Dinamarca	83.3	50.0
Finlândia	53.7	9.8
França	84.0	12.0
Alemanha	86.0	56.0
Grécia	77.4	9.7
Itália	68.4	22.8
Luxemburgo	100	40.0
Holanda	100	90.9
Noruega	92.9	21.4
Polônia	11.4	9.1
Portugal	34.6	50.0
Espanha	98.3	69.5
Suécia	83.3	38.9
Suíça	88.9	50.0
Reino Unido	71.4	50.0

## 2.3 PRESCRIÇÃO

Após o processo de avaliação do medicamento, dentre vários fornecedores e fabricantes, cabe à equipe assistencial escolher o medicamento que melhor atenda às necessidades do paciente. Nesta fase, o corpo clínico realiza a prescrição da terapia adequada ao paciente.

Conforme legislação brasileira, os profissionais aptos a prescrever medicamentos são:

- a. Nutricionistas – podem prescrever substâncias fitoterápicas com o objetivo de auxiliar a prescrição dietética e auxiliar na recuperação da saúde do paciente

- (CONSELHO FEDERAL DE NUTRICIONISTAS, 2013);
- b. dentistas – são amparados legalmente para prescrever apenas substâncias farmacêuticas indicadas exclusivamente para odontologia (BRASIL, 1966);
  - c. enfermeiros – conforme legislação, sendo possível prescrição de medicamentos “estabelecidos em programas de saúde pública”, (BRASIL, 1986);
  - d. Farmacêuticos – têm amparo legal para “iniciar, adicionar, substituir, ajustar, repetir ou interromper a terapia farmacológica” do paciente (CONSELHO FEDERAL DE FARMÁCIA, 2013);
  - e. Médicos – amplo suporte legal para prescrição de medicamentos seja ele de uso controlado ou com potencial causador de dependência química (BRASIL, 1998);

A prescrição de medicamentos para os pacientes nas unidades assistenciais no Brasil é realizada de duas formas: a primeira é realizada manualmente, através de receituários manuscritos; a segunda é por meio eletrônico, através de computadores conectados em rede.

A prescrição manual requer, na maioria das vezes, a transcrição da prescrição médica pela equipe de enfermagem, com o objetivo de ser entregue na FH e, também, para registro no prontuário do paciente (GOMES; REIS, 2009). Entretanto, nesta tarefa, pode ocorrer alguma falha. BORSATO *et al.* (2012) mostram que as anotações realizadas pelas equipes assistenciais analisadas em sua pesquisa, apontaram que de 7% a 17% apresentaram irregularidades, como ilegibilidade, rasuras e dados incompletos.

Com o objetivo de eliminar estes riscos, nos EUA, conforme Figura 1, para o ano de 1996, 93% dos hospitais já utilizavam *softwares* que auxiliavam na prescrição eletrônica. De acordo com o gráfico da Figura 1, é possível prever que para o ano de 2015, o uso de *softwares* seja utilizado em quase 100% dos hospitais. Tal evolução se deve ao desenvolvimento de soluções que permitem a integração da FH com as unidades assistenciais (SCHECKELHOFF, 2014).

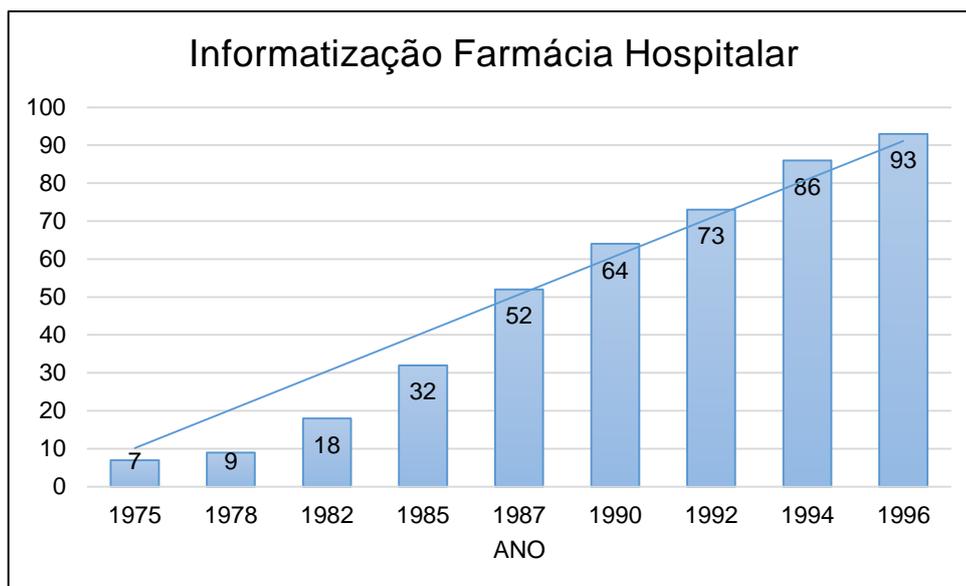


Figura 1: Evolução da informatização da farmácia hospitalar para os EUA. Adaptado de SCHECKELHOFF, 2014.

Em outro cenário, conforme último levantamento semelhante ao realizado pelos EUA, porém envolvendo a maioria dos países do continente europeu, a adesão de tecnologia para auxiliar no processo de prescrição vem aumentando ano a ano, como mostra a Figura 2. No ano 2000, a prescrição eletrônica era utilizada em 29,5% dos hospitais localizados na Europa. Dez anos seguinte, 62,4% das instituições utilizavam o recurso. (“EAHP Survey”, 2010)

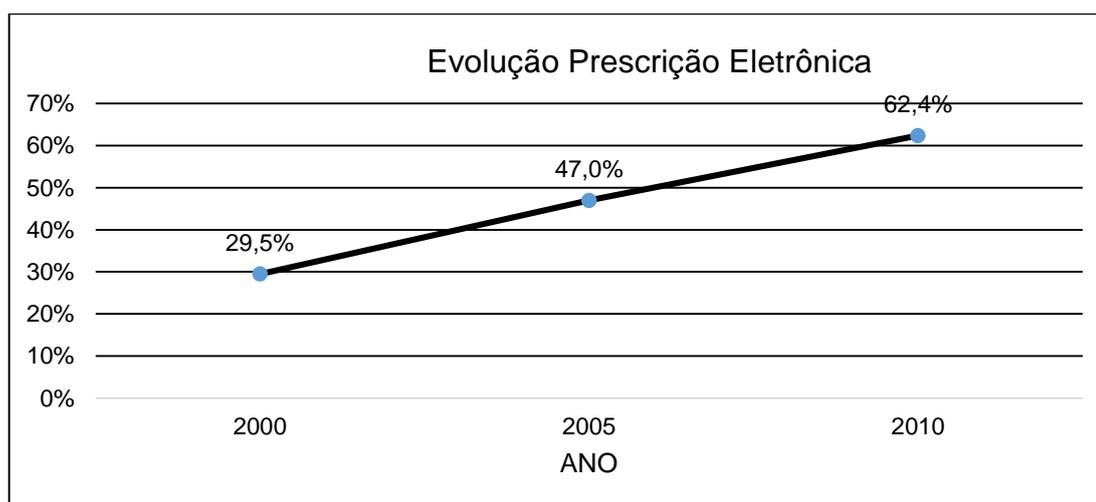


Figura 2: Evolução de utilização de prescrição eletrônica nos países europeus. (“EAHP Survey”, 2010)

MCMULLEN *et al.*, (2015) mostram que a utilização de sistemas de prescrição eletrônica melhora em vários aspectos a rotina de trabalho nos hospitais. Os autores citam, como exemplo:

- a. redução de eventos adversos;
- b. otimização da equipe de profissionais na farmácia;
- c. redução de erros na prescrição de medicamentos;
- d. redução no tempo de processamento das solicitações de medicamentos.

Porém, estes sistemas não eliminam totalmente falhas e nem aumentam a produtividade com a sua utilização de forma isolada. A otimização das tarefas da FH requer a soma de várias soluções, por exemplo, a automação no processo de prescrição, dispensação e o fracionamento.

## 2.4 FRACIONAMENTO

No contexto da FH, fracionar é a separação do medicamento em partes menores com o objetivo de ser dispensado ao paciente através de sistema de distribuição por dose individualizada ou por dose unitária. No processo de fracionamento, geralmente o medicamento é retirado da sua embalagem e reembalado de forma individual (GOMM *et al.*, 2012).

Para que o processo de fracionamento seja totalmente seguro, algumas recomendações contidas em Boas Práticas de Fabricação (BRASIL, 2007) devem ser seguidas:

- a. o profissional deve ser treinado para a execução da tarefa;
- b. usar equipamento adequado (toucas, máscara e luvas) para diminuir a possibilidade de contaminação;
- c. ventilação, iluminação e temperatura controladas;
- d. na reembalagem, o novo invólucro deve garantir a integridade física do fármaco;
- e. cada medicamento individualizado deve ter uma etiqueta com todas as informações necessárias para garantir a identificação e a rastreabilidade do processo.

No fracionamento, caso haja rompimento da embalagem primária, segundo legislação vigente, o prazo de validade será de até 25% do tempo restante para o

término da validade original. Contudo, se o fracionamento for realizado mantendo a embalagem primária íntegra, o prazo de validade é o estipulado pelo fabricante (BRASIL, 2007).

Segundo o Vocabulário Controlado de Formas Farmacêuticas (BRASIL, 2011), os medicamentos podem ter sua apresentação conforme mostrado no Quadro 1

Quadro 1: Exemplos de formas farmacêuticas presente no mercado nacional. (BRASIL, 2011)

<b>Cápsula</b> Medicamento envolvido em gelatina apresentando internamente o seu princípio ativo na forma sólida, líquida ou semilíquida.	<b>Gel</b> Forma farmacêutica que apresenta uma quantidade de água elevada, no estado de coloide. Apresenta alto poder de penetração em tecido cutâneo.	<b>Drágea</b> Semelhante ao comprimido, porém é envolvido com uma solução de queratina constituída por açúcar e corante.
<b>Loção</b> Líquido contendo um princípio ativo, geralmente utilizado de forma externa.	<b>Creme</b> Forma semelhante ao gel, tem consistência macia e aquosa. Da mesma forma que o gel, apresenta uma boa penetração na pele.	<b>Pomada</b> Semelhante ao creme e ao gel, porém tem aspecto oleoso e difícil penetração na pele.
<b>Elixir</b> É uma bebida que, além de conter o princípio ativo, apresenta na sua composição uma parte de álcool.	<b>Suspensão</b> É uma mistura heterogênea de duas substâncias, uma sólida e outra líquida, no qual a parte sólida fica suspensa no líquido.	<b>Comprimido</b> Medicamento feito de pó comprimido em uma microforma com formato ovulado ou redondo.
<b>Pó</b> Substância medicamentosa apresentada na forma de pó.	<b>Emulsão</b> É a mistura de duas substâncias líquidas que não se misturam.	<b>Xarope</b> É a mistura do princípio ativo com o solvente com açúcar na sua composição.

O processo de fracionamento é uma atividade crítica dentre as atividades relacionadas à dispensação do medicamento ao paciente. O problema inicia com a grande diversidade de tipos de medicamentos encontrada no mercado nacional e internacional. No processo de fracionamento, cabe ao responsável da FH, conhecer todas as particularidades de cada forma farmacêutica.

Além de todas as formas farmacêuticas possíveis encontradas no mercado local, sua geometria e dimensões são diferentes. Esta grande diversidade pode dificultar a tarefa de fracionamento manual, pois o colaborador que executar tal

atividade dificilmente estará habituado com todas as características de cada *blister*, para cada fabricante.

Conforme o gráfico da Figura 3, as dimensões dos *blisteres* consultados em uma instituição de médio porte localizado em Brasília, não ultrapassa 80 mm em largura e também em 180 mm em comprimento. Portanto, apesar da heterogeneidade, as dimensões máximas e mínimas são conhecidas.

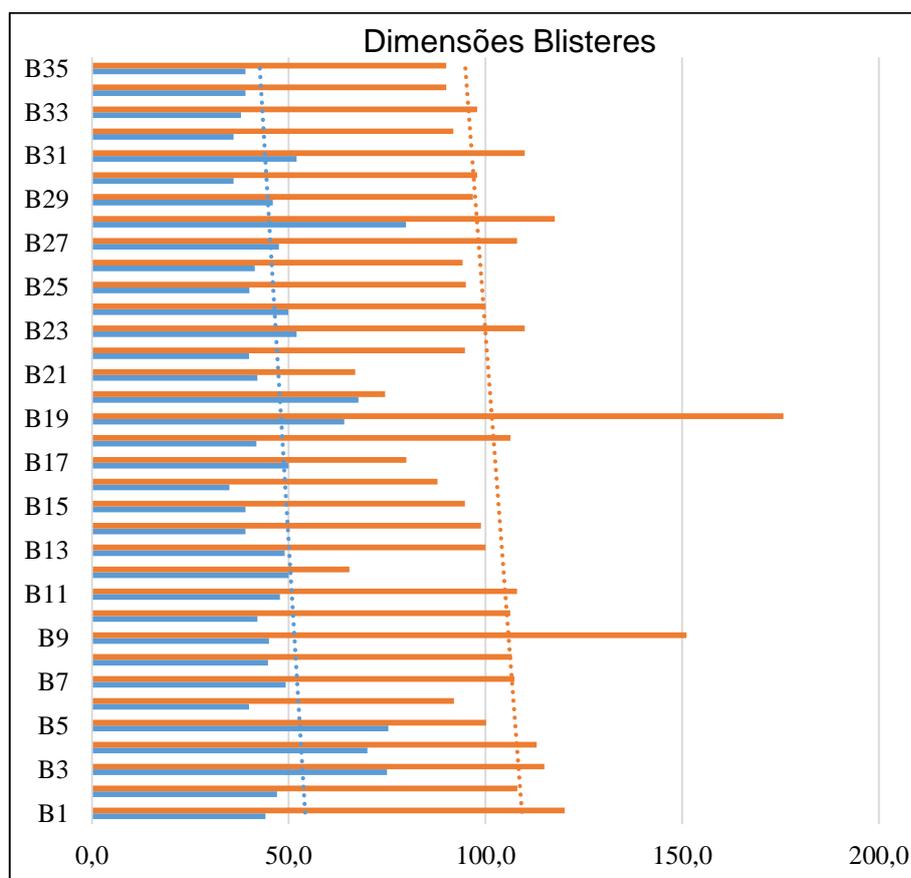


Figura 3: Gráfico contendo informações de dimensões de *Blister*. Comprimento médio de 48,4 mm e largura de 102,1 mm. Desvio padrão: 12 e 20,2, respectivamente.

## 2.5 DISPENSAÇÃO

A dispensação do medicamento é o ato de entregar medicamentos, insumos farmacêuticos ou correlatos ao paciente (BRASIL, 2014). SILVA (2013) diz que todos os hospitais devem ter um sistema de dispensação de medicamento de forma a proporcionar ao paciente uma terapia medicamentosa adequada e sem erros.

Há vários sistemas de dispensação de medicamento praticado nos hospitais brasileiros, os mais usuais são os seguintes:

- a. Sistema de dispensação coletivo – a equipe assistencial é responsável por totalizar todas as prescrições dos pacientes da unidade assistencial para em seguida ser repassada para a farmácia central. O custo para implantação é baixo, porém não garante segurança ao paciente. O medicamento não utilizado não retorna à farmácia central, gerando prejuízo à instituição. O tempo da equipe assistencial é perdido com o gerenciamento de medicamento (GOMES; REIS, 2009);
- b. Sistema de dispensação individualizado – a equipe assistencial contabiliza todo o medicamento que será utilizado para apenas um paciente para um período de 24 horas. A vantagem em relação ao anterior é a possibilidade de retorno de medicamentos não utilizados pelo paciente para a farmácia hospitalar. Ainda há perda de tempo da equipe assistencial com o gerenciamento de medicamento (GOMES; REIS, 2009);
- c. Sistema de dispensação por dose unitária – a dose é dispensada conforme a demanda, ou seja, dose por dose, personalizada para cada paciente. O custo para implantação é alto, pois requer *software* para gerenciar as prescrições, equipamento ou equipe para fracionar o *blister* e um farmacêutico para verificar dose a dose, paciente por paciente, antes da administração do medicamento ao paciente (GOMES; REIS, 2009).

Logo após a dispensação, a equipe assistencial faz a administração da droga prescrita ao paciente; desta maneira termina o ciclo do medicamento. As informações de todas as fases de existência do medicamento devem ser armazenadas. São dados fundamentais para permitir o rastreamento conforme legislação e recomendações internacionais (BRASIL, 2012; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2014).

O longo caminho que o medicamento percorre, desde a sua compra realizada pela FH, deve ocorrer de forma a garantir segurança ao paciente, com objetivo de não haver possibilidade de eventos adversos com potenciais danos à saúde do paciente. Eventos adversos são conceituados como qualquer fato que prejudica a saúde do paciente, podendo este ato ser evitável (SMITH *et al.*, 2014).

SMITH *et al.* (2014) apontam que no processo de prescrição de medicamento,

alguns erros podem ocorrer nas atividades relacionadas a cada etapa, seja na prescrição, preparação, dispensação ou administração. Segundo os autores, tais falhas podem ocorrer nas seguintes fases da terapia medicamentosa:

- a. prescrição – dose incorreta, via errada e omissão;
- b. preparação – erro na diluição, fracionamento errado, contaminação do medicamento;
- c. dispensação – medicamento vencido, mal conservado, mal rotulado, medicamento diferente do prescrito, omissão, forma farmacêutica e dose erradas;
- d. administração – horário incorreto, omissão, dose incorreta, via de administração diferente do prescrito, paciente diferente, velocidade infusão errada.

Para mitigar os eventos adversos nos hospitais, são propostas soluções no segmento da automação hospitalar, as quais incrementam camadas de proteção ao processo de administração de medicamento como um todo. Entretanto não é possível eliminar completamente a possibilidade de falha, pois de acordo com a teoria do queijo suíço, uma coincidência de fatos pode originar um evento adverso.

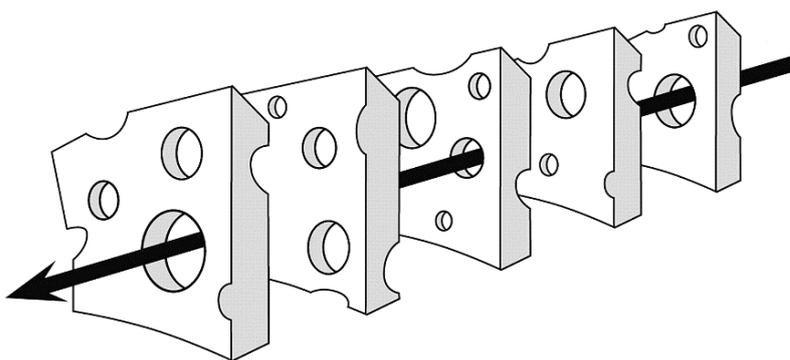


Figura 4: Teoria do queijo suíço. Adaptado de REASON (2000).

Vários eventos adversos, sejam eles menores ou não, podem potencializar um grave dano na saúde de um paciente. Como mostrado, camadas adicionais de segurança podem ser implementadas em todos os processos de cuidado ao paciente. Entretanto, qualquer fase de uma tarefa pode conter uma potencialidade de erro na

sua atividade. Evidentemente que quanto mais camadas, maior será a segurança do paciente. A automação hospitalar pode ser considerada como um elemento capaz de proporcionar camadas adicionais para aumentar a segurança do paciente (REASON, 2000).

## 2.6 AUTOMAÇÃO HOSPITALAR

A automação hospitalar (AH) está presente nos hospitais do mundo através dos avanços significativos da mecânica, informática e eletrônica. Vários autores, alguns do século passado, já previam que as soluções aplicadas na indústria teriam condições plenas de serem aplicadas em diversos segmentos medicinais (BROOKS; BROOKS, 1998); (NITZAN; ROSEN, 1976); (VALENTIM *et al.*, 2012)

A indústria farmacêutica apresentou avanços tecnológicos na fabricação de medicamentos. Por exemplo, na fabricação das cartelas de medicamentos, é utilizado um equipamento chamado de emblistador. Esta máquina, como mostrada na Figura 5, introduz o fármaco na embalagem primária. Há dois tipos: manuais e os automáticos. O processo de *emblistar* um medicamento de forma manual é através da realização de compressão do fármaco utilizando uma alavanca. Entretanto, o emblistador automático é realiza com a mínima interação humana, ou seja, o usuário é responsável apenas por acompanhar a fabricação.



Figura 5: Emblistadora automática. Imagem de <http://www.directindustry.com>.

### 2.6.1 Automação de farmácia hospitalar

As soluções da automação industrial estão cada vez mais presentes nos hospitais. A AH surgiu como uma subárea da automação industrial. Ela objetiva prover soluções com intuito de, principalmente, aumentar a produtividade dos hospitais e garantir maior segurança do paciente (VALENTIM *et al*, 2012). Com este objetivo, a AH tem focado cada vez mais no desenvolvimento de soluções, desde o *software* ao *hardware*. Várias empresas, que anteriormente focavam seus esforços para o desenvolvimento tecnológico para aplicações industriais, estão cada vez mais aplicando no seguimento de cuidados à saúde.

A automação da FH tem aumentado no decorrer dos anos, assim como é exposto por SCHECKELHOFF (2014) na Figura 6, em que há um decréscimo na dispensação manual e um aumento no uso de dispensadores automáticos.

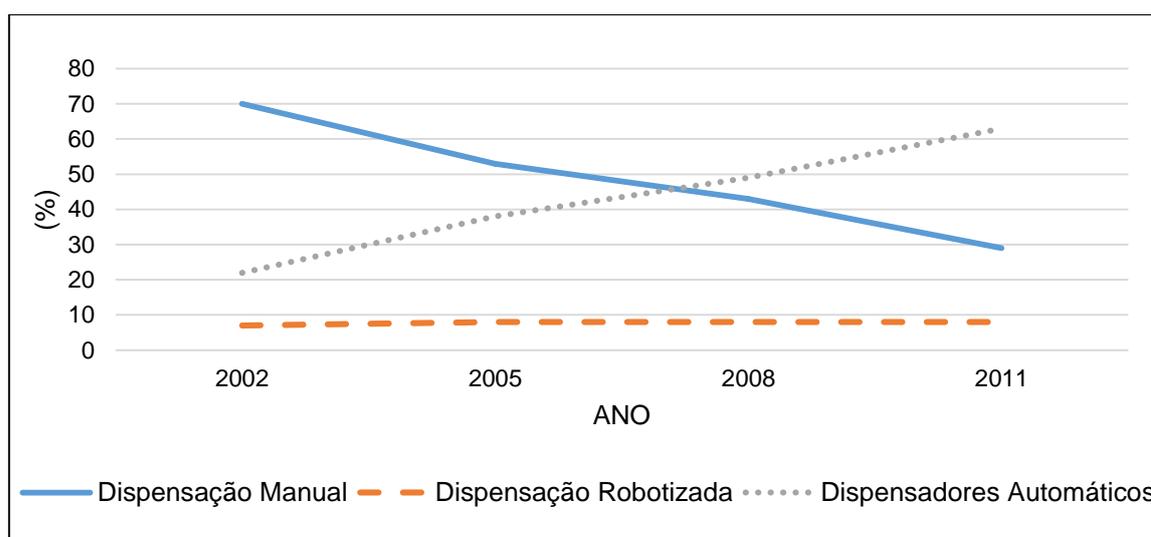


Figura 6: Evolução da adesão automação de farmácia hospitalar para os EUA entre os anos de 2002 e 2011. Adaptado de SCHECKELHOFF, 2014.

No continente europeu a automação de farmácia hospitalar não é utilizada amplamente, pois é um continente bastante heterogêneo, com situações econômicas distintas. Porém, nos últimos anos, houve bastante desenvolvimento. No ano de 2005, 3,3% das farmácias pesquisadas tinham automação de farmácia hospitalar. Para o ano de 2010, este número aumentou para 6,7%. Entretanto, apesar dos números pouco expressivos, Portugal, Espanha e Holanda se destacam na implantação de novas tecnologias conforme evidenciado na Figura 7.(FRONTINI; MIHARIJA-GALA; SYKORA, 2012a).

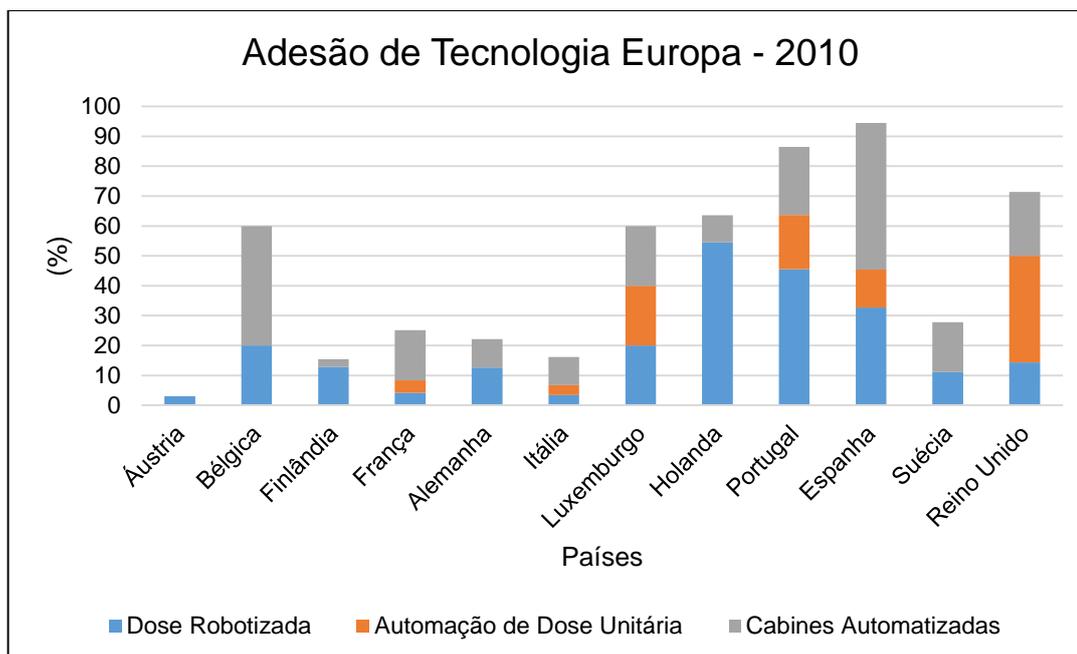


Figura 7: Adesão de diferentes tecnologias na Europa. Adaptado de FRONTINI; MIHARIJAGA; SYKORA, 2012a.

Indústrias brasileiras têm desenvolvido *softwares* e equipamentos para automatizar tarefas da FH. Isso se deve, principalmente, ao aumento da demanda por esta tecnologia pelos hospitais brasileiros.

Como exemplo deste desenvolvimento, é mostrado na Figura 8, equipamentos para automação de FH. Na Figura 8a, é mostrado um deblistador. Este equipamento é responsável por retirar o medicamento da sua embalagem primária. Ao se posicionar a cartela sob uma plataforma e através de uma pressão proporcionada por uma alavanca, todos os medicamentos são forçados a sair de sua embalagem ao mesmo tempo. A retirada da embalagem original é um problema, pois a estabilidade do fármaco será comprometida e a validade do medicamento será reduzida para 25% do que restava originalmente (BRASIL, 2007).

Na Figura 8b, é mostrado um unitarizador semiautomático. Ele auxilia no processo de transformação de dose múltipla para dose única. Neste processo, o medicamento é recortado em torno do *blister*, porém a tarefa é executada sempre de forma manual. O processo de unitarização termina quando o medicamento é embalado novamente e etiquetado. A nova etiqueta é necessária pois, após o recorte da cartela, não há meios de identificar o medicamento. Portanto, o equipamento simplesmente proporciona uma nova embalagem com todas as informações

necessárias para a identificação visual do medicamento e insere informações para o rastreamento.

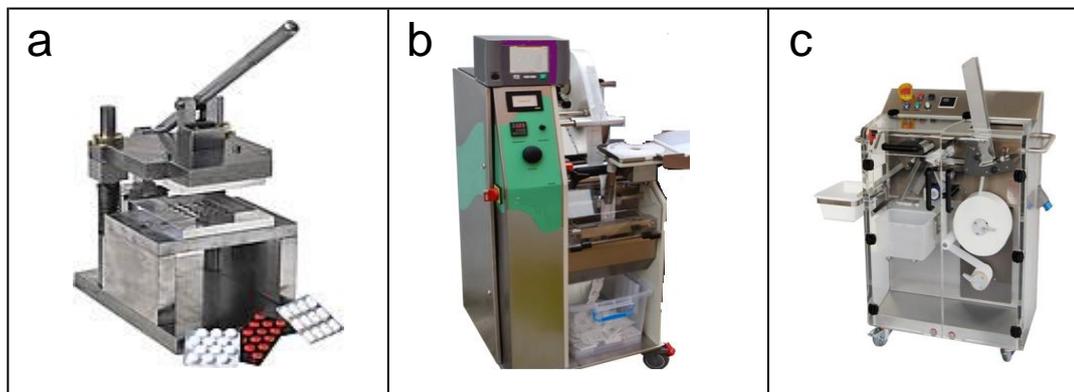


Figura 8: Figura “a”:deblistador, Figura “b”: embaladora e etiquetadora semiautomática e Figura “c”:  
unitarizador automático. Imagens de, respectivamente, <http://unitarizadora.com/institucional/farmacia-hospitalar>

Unitarizadores automáticos, como é possível ver em Figura 8c, são sistemas que fazem o processo de individualização da dose de forma autônoma. A individualização é realizada através de deblistadores automáticos, ou seja, o medicamento é retirado da sua embalagem primária para em seguida ser embalado e identificado adequadamente. Não é a melhor opção, pois ainda há manipulação do medicamento, podendo ser contaminado e a sua estabilidade química alterada.

No mercado internacional há soluções completas que realizam o fracionamento sem retirar a embalagem original, desta forma proporcionam uma solução completa para todo o processo da farmácia, ou seja, dão automação completa para a FH.

Um hospital de grande porte localizado em São Paulo usa este tipo de automação. Este sistema tem sua arquitetura semelhante à Figura 9.. Para a implantação do sistema, foi necessário um investimento de 8 milhões de reais para permitir que a FH separe e disponibilize 600 doses por hora (CONGO, 2015).



Figura 9: Exemplo de sistema completo de automação. Adaptado de Swisslog Healthcare Solutions (SWISSLOG, 2015).

Outro exemplo de automação para FH são os dispensadores automáticos. Eles são armários que podem apresentar vários contêineres ou simplesmente uma porta. Geralmente são interfaceados com a rede do hospital e se comunicam com o sistema ERP da instituição, desta forma, são gerenciados remotamente pela farmácia central. Uma das aplicações deste equipamento é tornar mais ágil o processo de dispensação de medicamento, pois o ele pode ser instalado dentro ou próximo da unidade assistencial.

Na Figura 10 é exemplificado um dispensador automático. Neste equipamento, cada gaveta contém um medicamento diferente. Pode ser dispensando um ou vários medicamentos ao mesmo tempo. Ao se retirar um medicamento do sistema de armazenamento, o equipamento comunica-se com o banco de dados central, realiza a baixa no estoque e vincula o medicamento ao paciente e ao solicitante.



Figura 10: Exemplo de dispensador automático. CARDOSO, 2012.

O transporte do medicamento faz parte do processo de dispensação. Ele é responsável por conduzir a terapia medicamentosa desde a farmácia até as unidades assistenciais.

Os hospitais têm utilizado sistemas que proporcionam rapidez na entrega do medicamento ao paciente. Como exemplo, há equipamentos que permitem o transporte de medicamento, através de sistemas de tubulações pressurizadas como mostrado na Figura 11.



Figura 11: Sistema de transporte pneumático. Imagem de <http://www.constructionweekonline.com>

Há também instituições que utilizam robôs para realizar trajetos específicos. Eles são guiados através de linhas destacadas no solo ou por mapeamento prévio do local. Na Figura 12 é exemplificado este tipo de equipamento. O percurso realizado é fixo e com paradas programadas por um determinado tempo em cada unidade assistencial. O usuário se identifica através de um cartão e retira o material solicitado. Porém, SCHECKELHOFF (2014) mostra que tal tecnologia ainda não tem grande adesão pela maioria das instituições americanas.



Figura 12: Sistema de transporte robotizado.

Todas as tecnologias elencadas realizam a automação de um processo específico na farmácia hospitalar, entretanto, ao se agrupar todos os elementos, a automação completa fica mais próxima. Contudo, a automação do fracionamento do medicamento sempre será o início de todo processo.

### 3. SISTEMA DE FRACIONAMENTO PROPOSTO

O sistema de fracionamento proposto, como mostrado na Figura 13, será subdividido em três partes: sistema mecânico; sistema eletrônico e sistema de posicionamento. O sistema mecânico é a parte estrutural do projeto, com função de dar estabilidade ao processo de posicionamento e corte. O sistema eletrônico terá a função de acionar o movimento e acionar o dispositivo de corte. Finalmente, o sistema de posicionamento, fará os movimentos necessários, para que o corte seja seguro e exato.

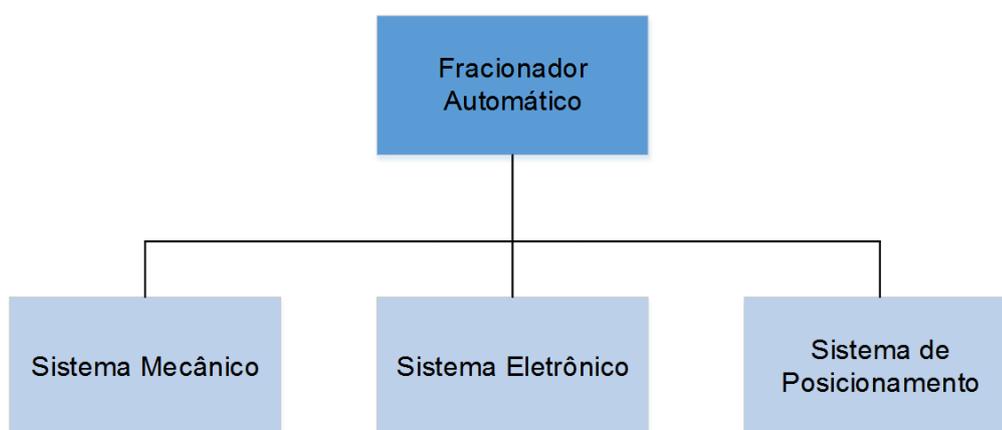


Figura 13: Hierarquia do sistema de fracionamento.

O processo de corte do Sistema de Fracionamento Automático (SFA) seguirá um conjunto de atividades sucessivas, como mostrado na Figura 14. O medicamento primeiramente será identificado, em seguida introduzido no sistema, o equipamento fará o posicionamento adequado para a execução do corte.

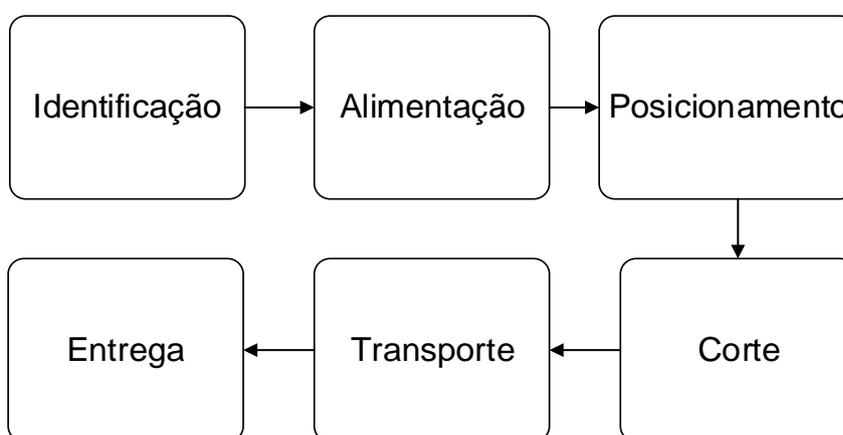


Figura 14: Fluxograma de funcionamento do Sistema de Fracionamento Automático.

### 3.1 IDENTIFICAÇÃO

Conforme o fluxograma da Figura 14, antes da primeira etapa para o processo de fracionamento automático, é importante que o medicamento seja identificado adequadamente, pois há no mercado uma grande variedade de medicamentos com diferentes disposições geométricas e com diferentes dimensões, como mostrado na (AMARAL *et al.*,2012)



Figura 15: Exemplo de diferentes tipos de *blister*.

#### 3.1.1 Processamento de Imagem

O processamento de imagem é uma possibilidade para a identificação da cartela. Na indústria farmacêutica já é utilizada para controle de qualidade, no final do processo de *blistagem*. Com o uso deste sistema, não é mais necessário a inspeção visual de um funcionário para certificar se todos os comprimidos da cartela foram preenchidos. Depois que a imagem foi capturada, o sistema de reconhecimento de padrão compara cada blister produzido com o seu banco de dados, caso alguma imagem esteja fora do esperado, o sistema detecta o *blister* com problema.

O processo de reconhecimento de imagem já é amplamente conhecido. Por exemplo, através de um *software*, a imagem colorida é transformada em escala de cinza. Com o uso de recursos de varredura e filtros para imagem, é possível delimitar sua borda, identificar a localização das pílulas e calcular a quantidade de *pixel*. Após este tratamento, a imagem pode ser comparada a um banco de dados contendo vários modelos que foram previamente cadastrados. (RAMYA; SUCHITRA; NADESH, 2013)

O MATLAB da empresa americana MATHWORKS, permite a digitalização de imagem, através de transformações de dados visuais em matrizes contendo apenas 0 e 1, este processo é chamado de binarização. Para realizar esta tarefa,

primeiramente é necessário que o software faça a leitura da imagem através do comando  $x=imread('nome\_do\_arquivo')$ , sendo 'x' o nome da variável que será atribuída a imagem. Em seguida, o comando  $BW=im2bw(x,level)$ , fará a binarização e atribuirá a nova matriz binária para a variável BW (SEMMLOW, 2004). Portanto, por meio de comparação destas matrizes em um banco de dados, é possível identificar os diferentes tipos de *blister* disponíveis no mercado.

### 3.1.2 Código de Barras

A identificação por código de barras é uma maneira para identificar o blister, entretanto, há algumas singularidades. Atualmente é amplamente utilizado em todos segmentos comerciais.

O código de barras foi patenteado em 20 de outubro de 1949 por Norman Woodland. O funcionamento do código de barras é baseado no código Morse, que funciona através de uma codificação de informações por meio de intermitência de um sinal. Em um primeiro momento, os inventores utilizavam uma fonte de luz vermelha projetada em um papel contendo barras pretas e brancas. Neste processo, caso a imagem fosse preta, a luz era totalmente absorvida. Caso contrário, a luz é refletida para o leitor. Desta forma, através de simples reflexões de luz, é possível identificar uma inscrição visual de um determinado objeto. Uma das vantagens desta tecnologia é a ausência de manipulação de imagens complexas, ou seja, a identificação é realizada com apenas a decodificação simples de duas cores e não requer robustez no hardware. (WOODLAND, 1952)

Há vários padrões para códigos de barras, porém o mais usual é o EAN -13, *European Article Number*, como mostrado na Figura 16. O código é dividido em quatro grupos numéricos. Os três primeiros dígitos é a identificação do país, por exemplo, uma numeração gerada no Brasil tem início 789. O conjunto de seguinte é a identificação da empresa fabricante do item no qual o código de barras está identificando. Demais dígitos é o código do produto sendo o último o verificador (GS1 AUSTRALIA, 2011).



Figura 16: Exemplo de código em barras EAN -13.

O dígito verificador é calculado através de um algoritmo. Cada um dos 12 primeiros dígitos é multiplicado por 1 e 3 sucessivamente. Ao final é somado o resultado de todas as multiplicações. O dígito verificador é a subtração da maior dezena superior mais próxima menos o valor encontrado. Por exemplo, somatório igual a 63, a dezena superior mais próxima é 70. Subtraindo 63 de 70 é obtido 7. (GS1 AUSTRALIA, 2011)

O código de barras tem várias limitações. Uma delas é a quantidade de identificações únicas para a vasta gama de opções de fabricantes e produtos comercializados mundialmente. Outro problema é que há custo na geração do código de barras. A empresa oficial geradora, *EAN International*, cobra 25 dólares por código. No código de barras não é possível inserir nenhum outro tipo de informação, como, por exemplo, lote e validade. Estas informações são mínimas para a rastreabilidade do processo fabril de qualquer produto.

Em face de tais fragilidades, falsificações e ocorrência de sonegação fiscal, foi criado o SNCM, Sistema Nacional de Controle de Medicamentos, através da lei 11903 de 14 de janeiro 2009. O sistema será responsável pelo controle de “todo e qualquer medicamento produzido, dispensado ou vendido no território nacional”. A partir da data de sua publicação, a ANVISA terá um prazo de três anos para implantar o sistema em todo território nacional. (BRASIL, 2009)

No processo de identificação do medicamento para o funcionamento do sistema proposto, o uso de código de barra é uma opção, entretanto, devido à limitação de identificadores únicos, é possível um medicamento de um mesmo fabricante ter uma mesma identificação, entretanto, com código diferente.

### 3.1.3 Datamatrix

A ANVISA determinou o uso do código de barras bidimensional, como mostrado na Figura 17, chamado Datamatrix para todo medicamento comercializado em território nacional (BRASIL, 2009). O Datamatrix deverá ser impresso tanto na embalagem primária como na secundária. Todo medicamento terá o seu IUM (Identificador Único do Medicamento). Tal identificador estará vinculando ao CNPJ (Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas) do fabricante, número de licença, número do lote, data de validade, farmacêutico responsável e data de transação.

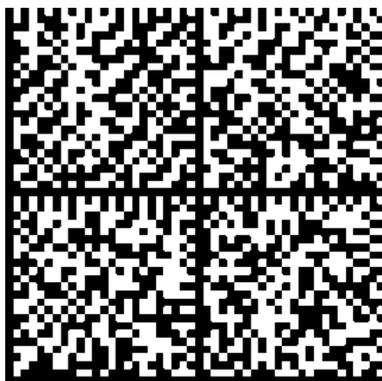


Figura 17: Exemplo de código de barras bidimensional, Datamatrix.

Além da alta densidade de informações, o código pode ser criptografado, dificultando falsificações de medicamentos. Neste código não há apenas um dígito verificador, há uma codificação cíclica Reed-Solomon, onde é possível detectar e corrigir erros na leitura através da inserção de bits redundantes (SKLAR, 2001). Entretanto, código de barras unidimensional, apenas detecta o erro, porém não localiza e não corrige um possível problema na leitura.

Na identificação do blister no sistema de fracionamento proposto, a utilização é viável, pois o Datamatrix permite um identificador exclusivo por medicamento, sendo praticamente impossível ter dois medicamentos com o mesmo identificador. Um ponto favorável a utilização é que não há custo para a geração de Datamatrix e, também, há muitos softwares livres para criação.

### 3.1.4 Banco de Dados

Além da identificação por processamento de imagem, código de barras e Datamatrix, é possível também a escolha do *blister* diretamente pelo operador do equipamento, cadastrado em um banco de dados (BD). Nesse BD, é possível armazenar várias informações pertinentes no fracionamento do medicamento. Relacionando o medicamento com as informações necessários para permitir o corte apropriado.

O BD é criado através de software de sistemas gerenciadores de banco de dados (SGBD). Estes *softwares* permitem a administração total de informações de um determinado sistema. São exemplos de SGBD os seguintes programas MySQL; Microsoft SQL Server; Firebird e IBM DB2.

A linguagem usual para manipulação em banco de dados é o SQL (*Structured Query Language*). Utilizando a sintaxe para a criação de um banco de dados com informações necessárias para o sistema, utiliza-se o comando *CREATE*. Na Figura 18 mostra-se a criação de uma tabela chamada *BLISTER*, com algumas informações necessárias para o processo de fracionamento.

```
CREATE TABLE 'BLISTER'
(
idBlister      INT,
principio_ativo  VARCHAR(30),
concentração    VARCHAR(30),
nome_comercial  VARCHAR(30),
fabricante      VARCHAR(30),
apresentação    VARCHAR(30),
quant_comp      INT(10),
);
```

Figura 18: Sintaxe de criação de uma tabela.

Para alimentar o banco de dados, utiliza-se o comando *INSERT*. Neste exemplo, a tabela *BLISTER* terão seus dados alimentados, como mostrado na Figura 19. Entretanto, estas informações inseridas no BD do SFA são apenas um pequeno exemplo, pois para realizar o fracionamento o sistema será necessário saber: tipo de

blister, a dimensão do blister, quais movimentos realizar para cada comprimido. Portanto, para cada tabela, poderá haver dezenas de informações. Realizando uma projeção para todos os medicamentos, o banco de dados será extremamente grande.

```
INSERT INTO 'BLISTER'  
(  
idBlister  
principio_ativo  
concentração  
nome_comercial  
fabricante  
apresentação  
quant_comp  
) VALUES (  
1  
'Cloridrato de Amiodarona'  
'100'  
'Cloritol'  
'LaboratoioX'  
'Comprimidos'  
'12'  
);
```

Figura 19: Inserção de dados na tabela de blister.

### 3.2 ALIMENTAÇÃO

A segunda etapa para a realização do fracionamento do medicamento é a introdução da cartela no interior da máquina. A alimentação do sistema será manual e deverá conter os mesmos tipos de medicamentos, ou seja, mesma marca, modelo e disposição geométrica, conforme mostrado na Figura 20.



Figura 20: Cloridrato de amiodarona, 100 mg. Exemplo de como as cartelas devem ser empilhadas no sistema de corte.

A alimentação terá dois estágios, o primeiro é a inserção das cartelas no mecanismo de empilhamento das cartelas. O segundo estágio, após totalmente carregado, será a passagem da cartela para o mecanismo de corte. Quando o sistema conclui o fracionamento total da cartela, as partes que resultaram devem ser descartadas, para que permita fracionar a cartela seguinte.

### 3.3 POSICIONAMENTO

Seguindo o fluxograma de funcionamento, o posicionamento é uma fase crítica do processo de corte, pois ele será responsável por garantir que o dispositivo de corte realize o fracionamento da forma mais exata possível, caso contrário o medicamento pode ser danificado ou contaminado.

O posicionamento será realizado através de uma mesa que faz movimentos em dois eixos,  $X$  e  $Y$ , como mostrado na Figura 45. Os movimentos úteis em cada eixo respeitarão as dimensões médias de cada cartela, pois, desta forma, é possível fracionar uma ampla gama de tipos de medicamentos.

O processo será automático através do uso de um microcontrolador de forma a que se tenha o controle completo de todo processo, ou seja, a seleção do tipo de medicamento, permitindo o posicionamento correto do sistema de corte.

Através de coordenadas,  $X$  e  $Y$ , é possível localizar o ponto de corte exato para cada medicamento. No exemplo da Figura 21, inserindo a cartela em um plano imaginário contendo os dois eixos, é possível realizar os movimentos na mesa até que se fracione todos os comprimidos.

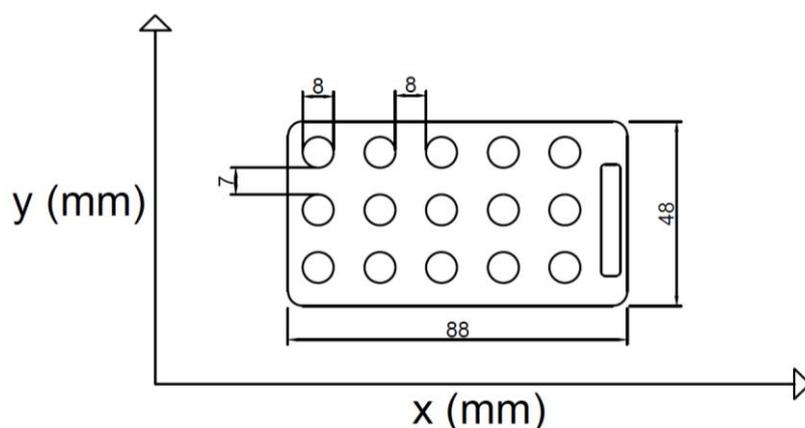


Figura 21: Exemplo de *blister* com 88 mm de comprimento, 45 mm de largura e 3 mm de altura.

### 3.3.1 Controle de Posição

Na proposta do sistema de fracionamento, o controle de posicionamento é crucial para o bom funcionamento do projeto, pois permitirá que o corte seja realizado de forma precisa, sem riscos de danificar o medicamento.

O controle de posicionamento pode ser realizado em malha aberta ou malha fechada. O sistema em malha aberta não requer uma retroalimentação para se obter um resultado esperado na saída, pois é considerado que não haja perturbações no sistema de forma a impactar o resultado esperado na saída. Como mostrado na Figura 22, um sinal de entrada chamada de 'u' terá uma resposta 'y' no sistema K. O controle em malha aberta proporciona uma simplicidade no projeto, sem perder a precisão. (OGATA, 2003)

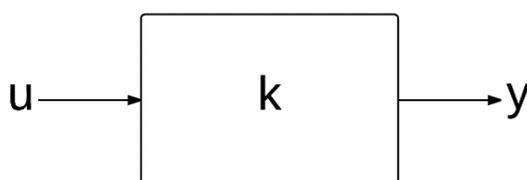


Figura 22: Sistema em malha aberta.

Para o sistema em malha fechada, há um retorno de informações. Considerando que haja uma perturbação no sistema, através de um canal de retorno, o sistema tem possibilidade de realizar uma compensação e corrigir a saída imediatamente. O sistema é mais complexo se comparado ao de malha aberta, entretanto tem a vantagem de se auto corrigir em face de uma perturbação não projetada detectada em seu retorno.

No exemplo da Figura 23, é mostrado um sistema com sinal de entrada  $R(s)$ , e com  $C(s)$  em sua saída, após passar pelo controlador e o processo  $k$ . Caso haja uma saída não esperada pelo sistema, é possível a correção após a leitura do seu retorno.

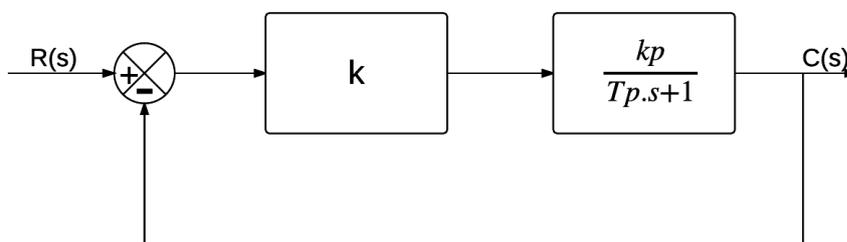


Figura 23: Sistema de malha fechada.

### 3.4 CORTE

O sistema de fracionamento proposto pode cortar através de vários mecanismos de corte. Dentre as principais maneiras de realizar um corte, pode se citar, fio cortante, lâmina circular e lâmina vazadora. Existe também outras soluções para corte presentes na indústria, como *light amplification by stimulated emission of radiation (Laser)* – amplificação de luz por emissão estimulada de radiação e corte por jato de água.

#### 3.4.1 Fio Cortante

Técnica de corte que utiliza um fio passando perpendicularmente ao plano da cartela. O fio, como mostrado na Figura 24 contém material cortante ao longo do seu comprimento e estará em constante movimento e em velocidade suficiente para proporcionar um corte preciso. Porém, terá como desvantagem o aquecimento do medicamento, impactando diretamente na estabilidade da droga.



Figura 24: Fio contendo material cortante ao longo do seu comprimento.

#### 3.4.2 Lâmina circular

Esta técnica de corte consiste na passagem de uma faca circular, semelhante a um cortador de pizza, como mostrado na Figura 25 na cartela de medicamento, sempre retilineamente, ou seja, a cartela será cortada e dividida em quadrantes. Esta

lâmina pode ser construída de latão ou aço inoxidável. Através de um acoplamento em um eixo o dispositivo realiza movimentos circulares por meio de um sistema de engrenagens. Conforme mostrado na Figura 26, a lâmina tem o formato de um disco e apresenta alto de poder de corte na sua extremidade.



Figura 25: Lâmina circular, pode ser fabricado em latão ou aço inoxidável.

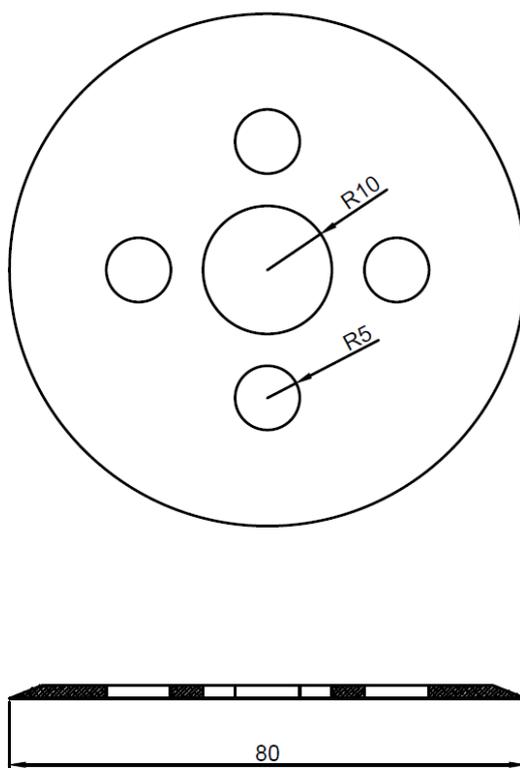


Figura 26: Exemplo de faca circular, lâmina permite corte retilíneo. Neste exemplo, a lâmina possui 80mm de diâmetro.

No exemplo da Figura 27, em uma cartela contendo 11 comprimidos foram realizados oito cortes retilíneos transversalmente à cartela, ou seja, o disco percorreu toda a extensão da área desejada pelo corte.

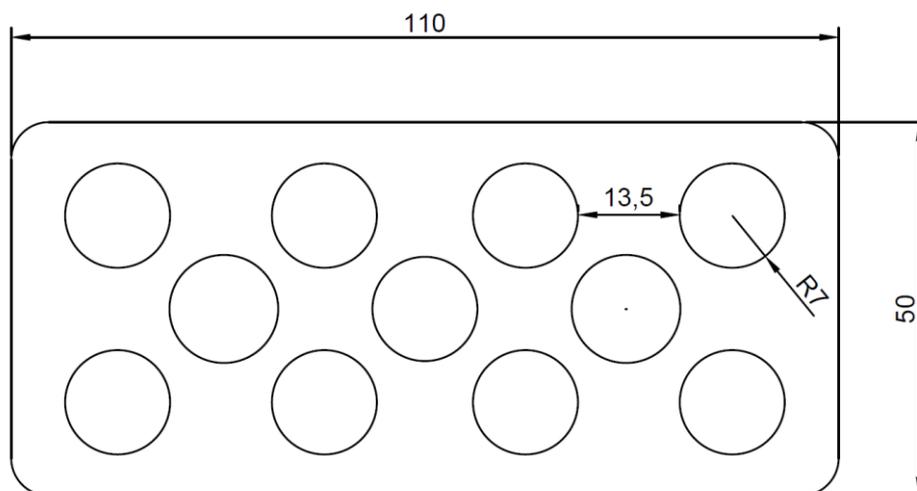


Figura 27: Exemplo comum de cartela de medicamento (*blister*) disseminado no mercado.

### 3.4.3 Lâmina vazadora

Outra forma de fracionar um medicamento, é através de lâminas vazadoras. São peças na forma cilíndrica com a sua extremidade afiada (Figura 28). Para cada dimensionamento do medicamento, a lâmina vazadora deverá ter um diâmetro adequado, de forma que não destrua o medicamento e também não danifique o medicamento vizinho.

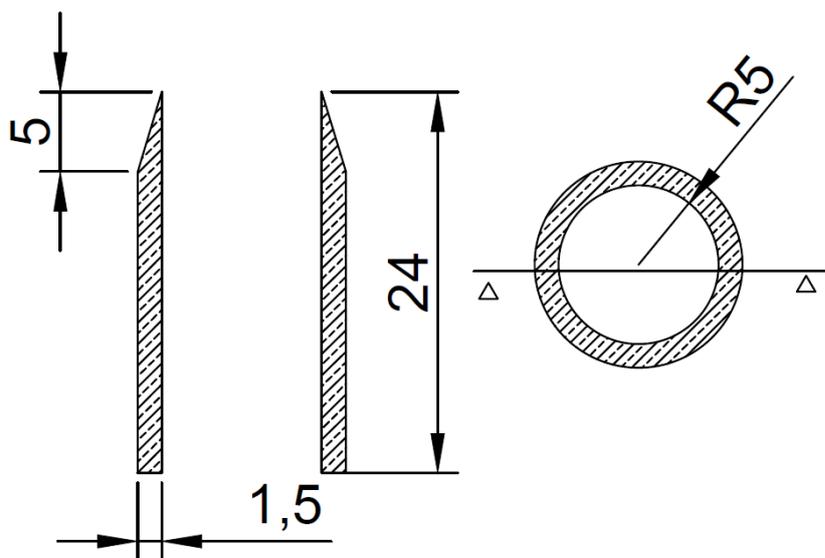


Figura 28: Lâmina vazadora, fabricada em latão. Raio de corte de 5mm e comprimento de 24mm.

Este modelo de corte foi o escolhido no projeto, devido à simplicidade de permitir um corte homogêneo e preciso. Outro ponto favorável é a disponibilidade desta lâmina na indústria, têxtil e gráfica.

Ales destes métodos, há a opção de utilizar agulhas perfurantes. Neste sistema, o comprimido será delineado através de vários furos por meio de uma agulha pontiaguda ao redor de toda borda da pílula. Este processo será responsável pelo pré corte, ou seja, apenas facilitará a individualização do comprimido somado à outra técnica de corte. Tal método é recomendado para ser utilizado em cartelas com maior dificuldade de unitarização devido ao material de sua construção ou devido a sua distribuição geométrica complicada.

O LASER é amplamente utilizado em procedimentos cirúrgicos e em atividades industriais. Cirurgias oftalmológicas e renais utilizam este recurso, pois proporcionam maior precisão no corte. Entretanto, há o calor é um problema. Recentes avanços em LASER de alta potência tem permitido sua aplicação na indústria e na medicina (Mikami et al., 2015)

O LASER é amplamente utilizado na medicina no tratamento de várias doenças, pois está ampla disponível no mercado (Sella et al. 2015). O corte a Laser tem um custo elevado, se comparado com as outras técnicas. Outro problema é o aquecimento no local próximo onde fica o fármaco, pois temperaturas altas podem forçar uma reação química não desejada dentro do blister.

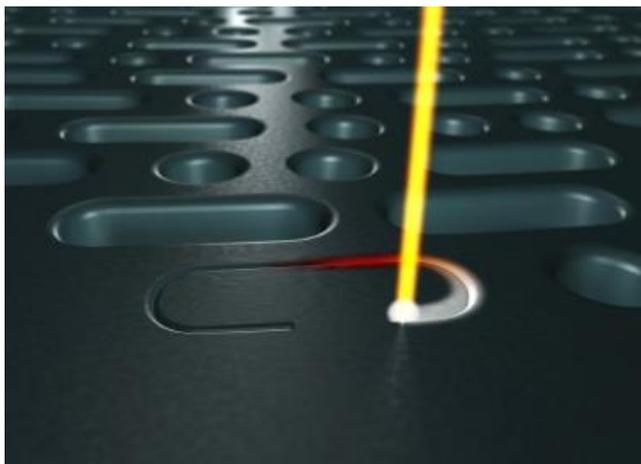


Figura 29: Corte a Laser. Imagem de <http://classelaser.com.br>

O corte realizado através de água é frequente em indústrias, pois tem a vantagem de dar melhor acabamento às peças e não há aquecimento no local do corte. Entretanto, o corte é realizado através de jato de água a uma velocidade que pode alcançar 900 m/s. A pressão da água para corte pode chegar a 400 Mpa, através de bombas pressurizadoras com potência de 40 CV (SILVEIRA, 2011). Há também o fator contaminação, pois a água é um vetor de transmissão e nela é possível a proliferação de bactérias.

Na Figura 30 é mostrado uma peça sendo cortada com um jato de água em alta pressão em uma peça.



Figura 30: Corte através de água à alta pressão. Imagem de <http://www.waterrightsconference.org/waterjetcutting.php>

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de fracionamento de medicamento foi desenvolvido utilizando algumas partes como mostrada na Tabela 3.

Tabela 3: Lista de materiais utilizado no desenvolvimento do sistema.

Material	Marca	Modelo	Quantidade
Microcontrolador	Atmel	ATmega328	1
Fuso			2
Motor de Passo			2
Relê	HUIKE	HK3FF-DC5V-SHG	2
Compressor de Ar	SCHULZ	CSA 8,3/25 - 2HP	1
Cilindro Pneumático	Parker	00.88 DSRS 3 2.580	1
Válvula Pneumática	NAUTECK	4V210.08	1
Trilhos em Metal			4
Peças em Madeira			8

Todo sistema é controlado pelo microcontrolador e se comunica com seus periféricos indiretamente através de drives e relês. Uma visão global do sistema é mostrada na Figura 31.

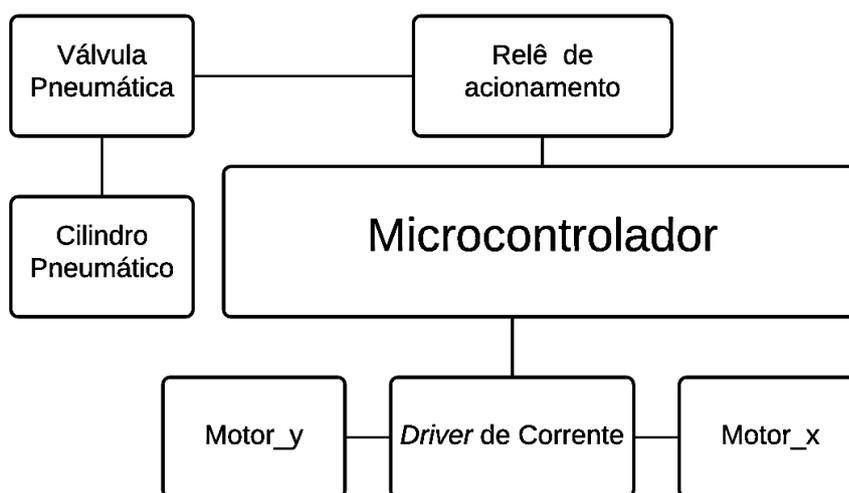


Figura 31: Arquitetura do sistema de fracionamento.

Para proporcionar os movimentos nos eixos X e Y, foi utilizado um motor de passo para cada para cada movimento. Eles são acionados por um microcontrolador conectado indiretamente através de um *driver* de corrente, com objetivos de proteção do microcontrolador e, também, proporcionar uma corrente adequada às bobinas do

motor, pois o microcontrolador não tem corrente necessária para o acionamento diretamente na sua porta.

Devido à limitação do microcontrolador em fornecer corrente adequada em suas portas, o LM298 foi utilizado para alimentar o motor. Este componente é comercializado em lojas especializada montado em uma placa, como é mostrado na Figura 32. O circuito integrado (CI) foi alimentado com uma fonte de alimentação com tensão 12 V e capacidade de fornecer corrente de 2 A.

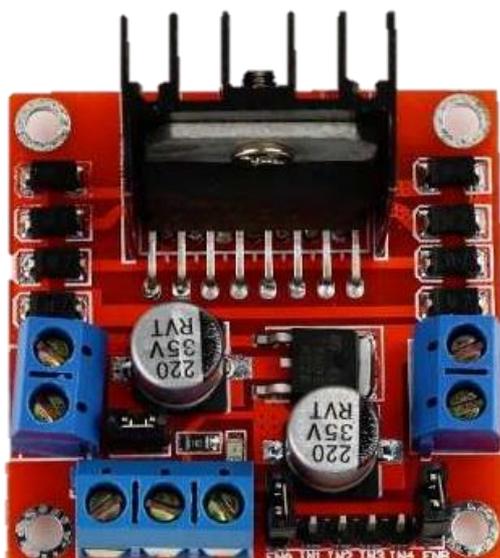


Figura 32: Ponte H

O CI LM298 em sua construção interna é representado pela Figura 33.

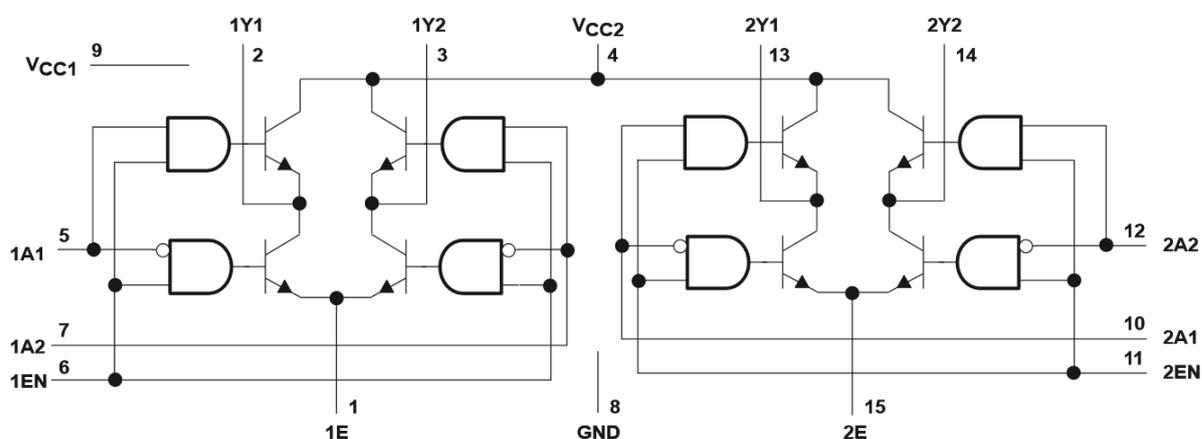


Figura 33: Circuito interno para cada pino

#### 4.1 MOTORES DE POSICIONAMENTO

Para proporcionar movimentos nos dois eixos, foi utilizado um motor de passo facilmente encontrado em leitores de CD-ROM. Os quatro terminais do motor de passo PL15S-020 foram conectados às saídas do driver. O movimento útil do fuso é de 50 mm.



Figura 34: Motor de passo, 20 passos por rotação, 5 V. Fuso com 50 mm.

O motor de passo tem uma sequência de acionamento para proporcionar uma a rotação correta. Para o motor de passo utilizado, o fabricante recomenda que seja respeitada as polaridades de acordo com o informado em seu *datasheet* e polarizados com mostrado na Figura 35, onde é exemplificado uma rotação em sentido horário. (“PL15S-020”, 2005)

Passo	Terminais			
	A1	A2	B1	B2
1	-	+	+	-
2	-	+	-	+
3	+	-	-	+
4	+	-	+	-

Figura 35: Sequência de acionamento para sentido horário.

Para executar um passo em sentido horário, é necessário que as portas do microcontrolador sejam acionadas conforme o fragmento das instruções mostrado na Figura 36. Foram escritas em C++ e transmitidas através da universal serial bus (USB) – Barramento Serial Universal – de um computador.

```

digitalWrite(motorPin8, LOW);
digitalWrite(motorPin9, HIGH);
digitalWrite(motorPin10, HIGH);
digitalWrite(motorPin11, LOW);
delay(delayTime);

digitalWrite(motorPin8, LOW);
digitalWrite(motorPin9, HIGH);
digitalWrite(motorPin10, LOW);
digitalWrite(motorPin11, HIGH);
delay(delayTime);

digitalWrite(motorPin8, HIGH);
digitalWrite(motorPin9, LOW);
digitalWrite(motorPin10, LOW);
digitalWrite(motorPin11, HIGH);
delay(delayTime);

digitalWrite(motorPin8, HIGH);
digitalWrite(motorPin9, LOW);
digitalWrite(motorPin10, HIGH);
digitalWrite(motorPin11, LOW);
delay(delayTime);

```

Figura 36: Fragmento do software escrito em C++ para execução de um passo para rotacionar no sentido horário.

Para o motor de passo rotacionar no sentido anti-horário, é necessário que a sequência de acionamento seja respeitada, como mostrada na Figura 37.

Terminais				
Passo	A1	A2	B1	B2
1	+	-	+	-
2	+	-	-	+
3	-	+	-	+
4	-	+	+	-

Figura 37: Sequência de acionamento para sentido anti-horário.

As linhas do software necessária para permitir a rotação em sentido anti-horário é mostrada na Figura 38.

```
digitalWrite(motorPin1, HIGH);  
digitalWrite(motorPin2, LOW);  
digitalWrite(motorPin3, HIGH);  
digitalWrite(motorPin4, LOW);  
delay(delayTime);  
  
digitalWrite(motorPin1, HIGH);  
digitalWrite(motorPin2, LOW);  
digitalWrite(motorPin3, LOW);  
digitalWrite(motorPin4, HIGH);  
delay(delayTime);  
  
digitalWrite(motorPin1, LOW);  
digitalWrite(motorPin2, HIGH);  
digitalWrite(motorPin3, LOW);  
digitalWrite(motorPin4, HIGH);  
delay(delayTime);  
  
digitalWrite(motorPin1, LOW);  
digitalWrite(motorPin2, HIGH);  
digitalWrite(motorPin3, HIGH);  
digitalWrite(motorPin4, LOW);  
delay(delayTime);
```

Figura 38: Fragmento do software em C++ para execução de um passo para rotacionar no sentido anti-horário.

Foi montado um sistema de posicionamento para mensurar a precisão e reprodutividade dos movimentos do motor de passo, pois são parâmetros importantes para no processo de fracionamento, pois, se não for possível, o medicamento pode ser danificado.

Como é mostrado na Figura 39, foi instalado no fuso um dispositivo para apontar a amplitude do movimento. Abaixo do fuso foi instalado um papel milimetrado para facilitar a visualização e a leitura dos movimentos. As leituras foram realizadas através de um paquímetro analógico.

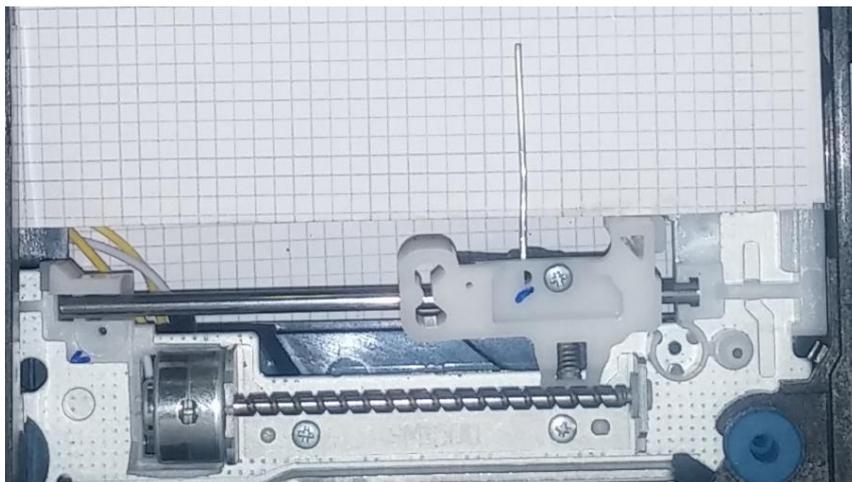


Figura 39: mecanismo de teste para precisão do movimento.

### 3.1 ACIONAMENTO PNEUMÁTICO

No projeto foi utilizada uma válvula pneumática, como mostrado na Figura 40, com cinco vias, duplo estágio, para acionamento do cilindro pneumático. A alimentação de suas bobinas é de 220 V AC.



Figura 40: Válvula de 5 Vias, alimentação de 220V. Pressão de trabalho de 116PSI.

O microcontrolador utilizado não possui uma porta com a tensão e corrente adequadas para o acionamento da bobina da válvula. Portanto, foi necessária a utilização de um interruptor eletromecânico (relê), como mostrado na Figura 41.



Figura 41: Placa com relês. Tensão de alimentação de 5V,

A bobina da válvula foi alimentada na porta normalmente aberta (NA) do relê. A cada acionamento através da porta do microcontrolador, a porta NA entrava em curto circuito, desta forma, o circuito que alimenta os terminais da bobina se fechava, como mostrado na Figura 42.

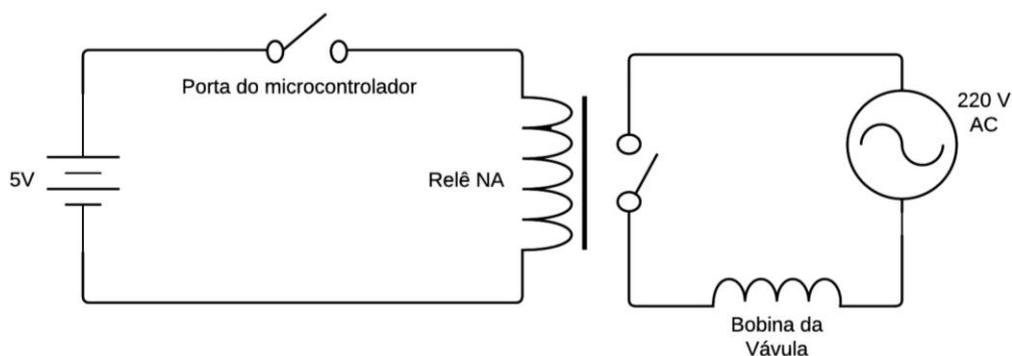


Figura 42: Circuito de acionamento da válvula através do microcontrolador e interruptor eletromecânico.

O cilindro pneumático, como mostrado na Figura 43, é responsável por realizar o movimento de corte, ou seja, o movimento no eixo Z. Em sua extremidade estará acoplado o vazador responsável pela penetração na cartela.



Figura 43: Cilindro Pneumático. Fabricado pela Parker, apresenta duplo estado, pressão de trabalho de 200 PSI.

Na

Figura 44 é mostrado um diagrama de funcionamento do cilindro pneumático. Quando a bobina da válvula é alimentada, o compressor alimenta diretamente o terminal 4. Desta forma, o cilindro tem o seu pistão acionado. Ao cessar a alimentação, o pistão é recolhido. Nos terminais 5 e 3 foram instalados dois silenciadores para minimizar os ruídos, elas são fabricadas em bronze.

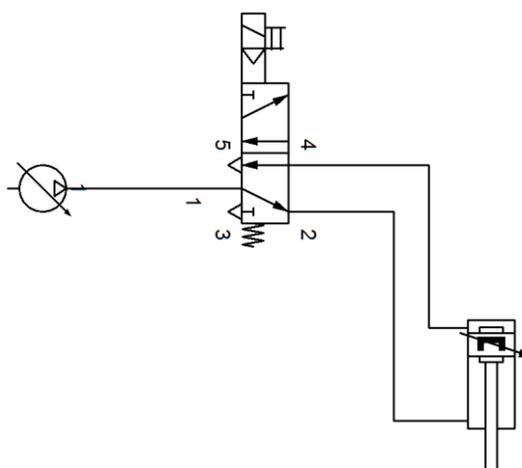


Figura 44: Descrição de funcionamento do sistema pneumático. Formado por uma válvula de 5 vias, cilindro pneumático e compressor de ar.

O sistema totalmente montado é mostrado na Figura 45. Os trilhos foram fixados na estrutura de madeira.

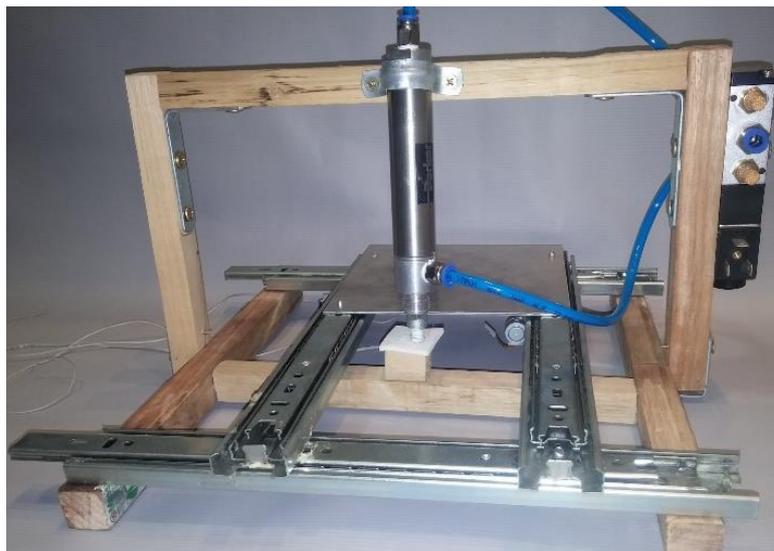


Figura 45: Mesa X/Y, movimentos realizado através de trilhos em metal. Possui amplitude de movimento de 20cm nos eixos X e Y.

## 5 RESULTADOS

Pulsos digitais foram enviados para a porta do microcontrolador, respeitando a sequência de acionamento. Foram obtidas as ondas, através de um osciloscópio, como mostrado na Figura 46. O osciloscópio foi ajustado para a escala de 2 V e 500 ms de período. Foi utilizado dois canais, cada um conectado em um terminal da bobina do motor de passo.

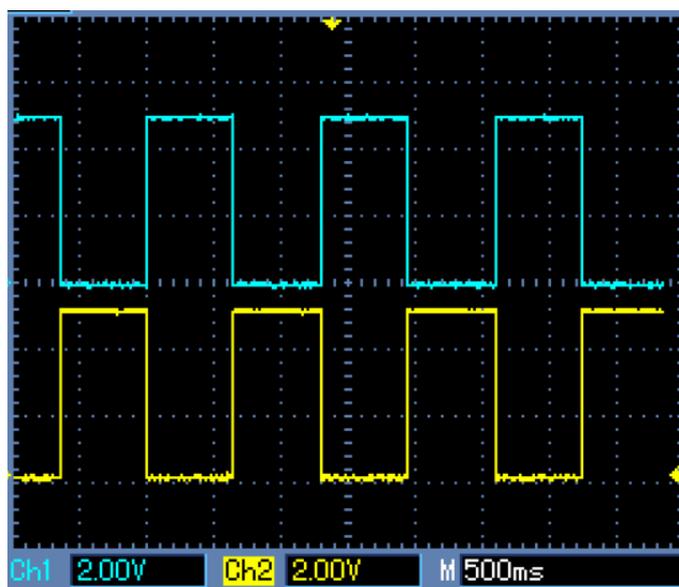


Figura 46: Pulsos digitais do microcontrolador para acionamento do motor de passo.

Ao conectar diretamente no driver de corrente dos motores de passo, mantendo a mesma configuração da pinagem anterior, foi obtida a onda da Figura 47

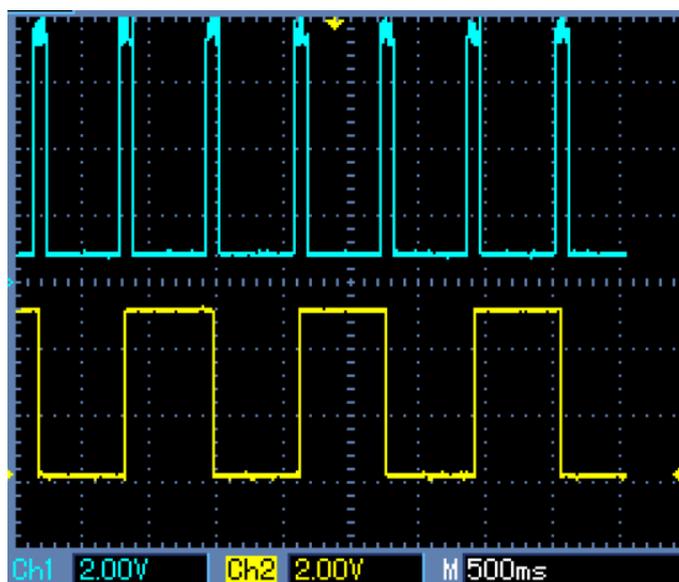


Figura 47: Pulso resultante na saída da do driver de corrente.

A válvula pneumática é acionada através de um relê conectado à porta do microcontrolador. Um simples pulso de 5 V faz com que o relê acione e alimente a válvula com 220 V. Conforme a Figura 48, através de um osciloscópio. (ICEL OS-2062C), foi medido uma tensão de 4,96 V. Neste exemplo, cada corte é realizado em um período de 200 ms.

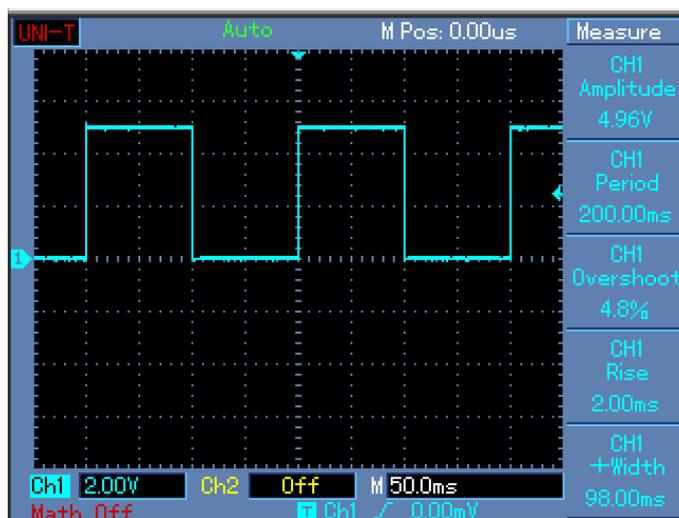


Figura 48: Pulsos na porta do microcontrolador. Valor medido de 4,96 V, em uma tela com 2V por divisão, o intervalo de acionamento de 200ms.

A estrutura foi montada em trilhos onde foram realizados os movimentos da mesa nos eixos X e Y, longitudinalmente. Desta forma, para cada cartela selecionada, a mesa fez os movimentos adequados ao seu posicionamento.

### 3.2 ANÁLISE DE FUNCIONAMENTO

Para mensurar a precisão do movimento, foi programado no microcontrolador determinados deslocamentos para serem percorridas em apenas um eixo x, pois tal comportamento será igual devido as mesmas construções nos dois eixo.

Nos teste realizados, foi possível descolar cada eixo 2 mm por passo. Em todas as medicas realizadas utilizando o paquímetro, não foi observada variação no tamanho dos passo, portanto, o sistema tem a precisão necessária para o correto posicionamento.

No processo de corte de medicamento, utilizando um vazador, a força com que o corte é realizado é diretamente proporcional à pressão aplicada no cilindro pneumático. Inicialmente foram aplicadas três pressões, progressivamente: 40 PSI,

60 PSI e 100 PSI. Dentre as três pressões, a que melhor proporcionou uma homogeneidade no corte foi a de maior pressão, como mostrado na Figura 49.

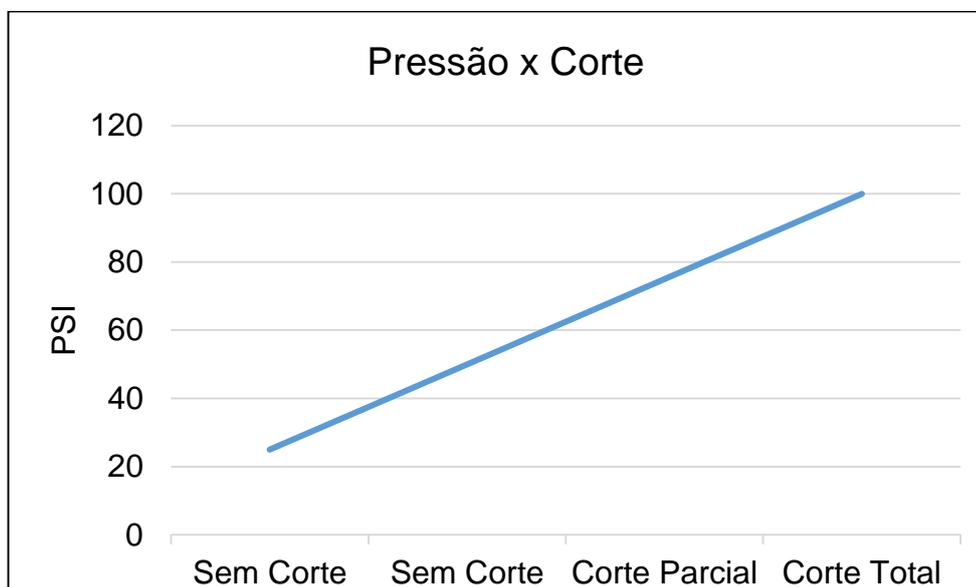


Figura 49: Gráfico que relaciona a pressão aplicada nos terminais do cilindro pneumático em relação a precisão de corte.

Conforme mostrado na Equação 1, a pressão  $P$  é diretamente proporcional à força  $F$ .

$$P = \frac{F(N)}{A(m^2)} \quad (1)$$

Mantendo a mesma área de contato do vazador na superfície da cartela, quanto maior for a pressão, maior será a força aplicada. Portanto, pressões maiores no pistão resultarão em um corte mais forte e preciso. É importante salientar que a intensidade da força precisa ser limitada, pois há risco de danificar o *blister* ou o dispositivo de corte. Não foi possível realizar o ensaio para uma pressão máxima, devido às limitações do compressor utilizado (CSA 8,3/25 Schulz), que apresentava uma pressão de trabalho de 120 PSI (8.3 bar).

O vazador utilizado é fabricado em latão (liga metálica de zinco e cobre), como mostrado na Figura 50.



Figura 50: Vazador cilíndrico, fabricado em liga metálica de cobre e zinco.

Através de uma pressão de 120PSI aplicada nos terminais da válvula, foi possível realizar o fracionamento. O corte executado é mostrado na Figura 51, onde dois comprimidos adjacentes foram fracionados.



Figura 51: Cartela de Cloridato de Amiodarona com dois comprimidos fracionados.

## 6 DISCUSSÃO

A autonomia do corte é um parâmetro importante para o projeto, pois informará a quantidade de fracionamento por um determinado tempo. Portanto, a quantidade de medicamentos deverá ser condizente com um funcionamento mínimo de uma farmácia. Um hospital de médio porte localizado em Brasília, apresentou para o ano de 2013, 25 mil doses de medicamentos em média, conforme é mostrado na Figura 52. (Pinheiro *et al.*, 2014)

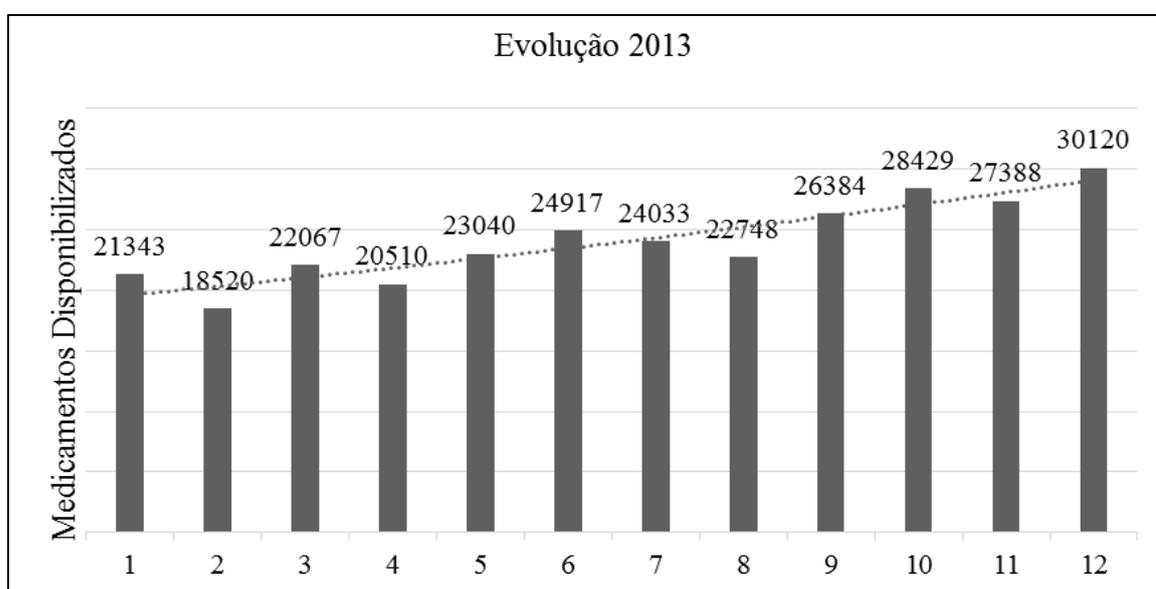


Figura 52: consumo em 2013. A média de 25537. Adaptado de PINHEIRO *et al.*, 2014.

Considerando o mesmo hospital, foi calculada a média de consumo por dia conforme equação 2. Sendo  $md$  a média dia,  $mm$  a média mês. No cenário calculado, foram dispensadas 851 doses de medicamentos por dia.

$$md = \frac{mm}{30} = \frac{25534}{30} = 851 \text{ doses} \quad (2)$$

Por hora são fracionados em média 36 doses de medicamento, como calculado na equação 3, em que  $mh$  é a média de dose por hora e  $md$  a média de dose por dia, calculada na equação anterior.

$$mh = \frac{md}{24} = \frac{851}{24} = 36 \text{ dose por hora} \quad (3)$$

As 36 doses calculadas por hora aparentam um número baixo. Este número se deve ao fato de ter sido calculado pela média utilizando 24 horas de trabalho, pois foi considerado que a equipe que realiza o fracionamento está disponível integralmente, durante o dia e a noite. Este cálculo não pôde ser considerado, pois a equipe que realizar o fracionamento está disponível apenas em horário comercial, ou seja, das 8h:00 às 18h:00. Realizado novamente o cálculo, mas usando o tempo de trabalho real, que é de 8 horas, é evidente que o número de fracionamento por hora aumentará, como mostrado na equação 4.

$$mh = \frac{md}{8} = \frac{851}{8} = 104 \text{ doses por hora} \quad (4)$$

Neste exemplo, para o hospital citado acima, 104 doses/horas é a autonomia mínima para o fracionamento de medicamento. Portanto, este número deverá ser considerado no dimensionamento do projeto para automatizar este processo.

O tempo de corte é uma variável que depende do tempo de posicionamento da mesa somado com o tempo em que o pistão é acionado. Portanto, a autonomia é calculada conforme equação 5, sendo  $T$ , o tempo total,  $tp$  o tempo de posicionamento e  $tc$  o tempo de corte.

$$\alpha = tp + tc \quad (5)$$

A precisão do corte é um parâmetro que indicará o quanto um medicamento terá sua integridade garantida ou não. Um corte realizado de forma errada poderá danificar o medicamento, como mostrado na Figura 53, na qual a embalagem primária foi rompida e o comprimido exposto.

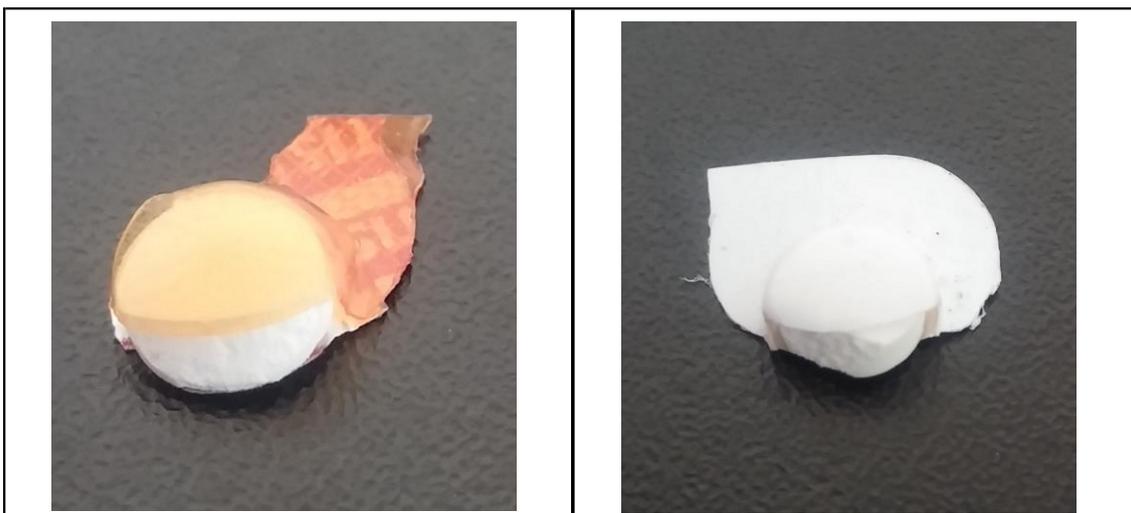


Figura 53: Exemplos de fracionamento errado devido ao mal posicionamento da lâmina vazadora.

Diante de tais problemas que podem ocorrer, a precisão de corte é fundamental para o projeto. Portanto, foram utilizados mecanismos que garantam que o corte seja realizado de forma sempre precisa, com a utilização de motor de passo e calibração do movimento a cada nova cartela inserida. É possível citar algumas vantagens do fracionamento automático diante do fracionamento manual, como mostrado no Quadro 2.

Quadro 2: Comparação entre fracionamento automático e manual.

<b>Fracionamento Automático</b>	<b>Fracionamento Manual</b>
Boa aceitação pelo colaborador	Desmotivante para colaborador
Não há esforço físico	Possibilidade de lesão por esforço repetitivo
Maior tempo na assistência ao paciente	Atividade com desvio de atribuição principal do colaborador
Interação mínima com o medicamento	Há possibilidade de contaminar o medicamento
Equipe com quantidade enxuta	Equipe com número maior de colaboradores
Possibilidade insignificante de erro	Possibilidade de erro

## 7 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos, mostraram que soluções presentes na indústria podem ser aplicadas nos hospitais, em todos os processos que envolve os cuidados do paciente, desde a admissão até sua alta.

O desenvolvimento do sistema de fracionamento automático permitiu juntar várias áreas do conhecimento – como farmácia, eletrônica e pneumática – para um objetivo comum: a segurança da terapia medicamentosa do paciente.

Com o desenvolvimento do *hardware*, obteve-se resultados satisfatórios, pois foi possível realizar fracionamento de medicamento, não de todos os tipos encontrados no mercado, devido à sua grande diversidade, mas foi o suficiente para mostrar que é possível fragmentar com tal tecnologia.

No equipamento desenvolvido foram utilizadas peças e componentes que são facilmente encontradas no mercado regional. Algumas foram reaproveitadas de outros aparelhos, como leitores de CD-ROM (*Compact Disc Read Only Memory*), atuadores de aplicação geral, geralmente encontrados em lixo eletrônico.

Em face da quantidade de eventos adversos envolvendo erros de dispensação, o equipamento desenvolvido será de grande utilidade para as FHs do Brasil, pois terá a possibilidade de automatizar uma tarefa crítica, com um custo acessível.

### Trabalhos Futuros:

- a. implantar processamento de imagem, para que o equipamento reconheça o medicamento, e de forma autônoma consiga identificar em seu banco o medicamento e proporcionar o corte adequado;
- b. diminuir o tamanho do projeto, para que seja possível utilizar em qualquer espaço disponível na FH;
- c. acoplar o equipamento aos sistemas de embalagens nacionais, já que eles não têm o recurso de fracionamento autônomo;
- d. desenvolver o sistema utilizando processadores com maior poder de processamento;
- e. criar comunicação com o sistema com o ERP da instituição, para q
- f. ue cada nova prescrição de medicamentos, o sistema faça o fracionamento exato e sobre demanda para o paciente.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, Thais Reis; RODRIGUES, Linna Beathrice Oliveira; GOULART, Gisele Assis Castro. Padronização dos desenhos utilizados nos processos de blistagem. *Pós em Revista*, p. 1–18, jun. 2012.
- ANGELL, Marcia. *The truth about the drug companies: how they deceive us and what to do about it*. 1. ed. New York: Random House, 2004.
- ARROWOOD, Stephen D; YANIV, Angela W. Use of automated dispensing cabinets to enhance processes for safe handling of high-alert drugs in pharmacy cleanrooms. *American journal of health-system pharmacy : AJHP : official journal of the American Society of Health-System Pharmacists*, v. 72, n. 1, p. 18–21, 1 jan. 2015.
- BORSATO, Fabiane Gorni *et al.* Avaliação da qualidade das anotações de enfermagem em um hospital universitário. *ACTA Paulista de Enfermagem*, v. 24, n. 4, 2012.
- BRASIL. *Lei n. 5.081, de 24 de agosto de 1966. Regula o exercício da odontologia*. Brasília: Diário Oficial, 1966.
- BRASIL. *Lei n. 7.498, de 25 de junho de 1986. Dispõe sobre a regulamentação do exercício da enfermagem, e dá outras providências*. Brasília: Diário Oficial, 1986.
- BRASIL. *Portaria n. 344, de 12 de maio de 1998. Aprova o regulamento técnico sobre medicamentos sujeito a controle especial*. Brasília: Diário Oficial, 1998.
- BRASIL. *Portaria n. 4.283, de 30 de dezembro de 2010. Aprova as diretrizes e estratégias para organização, fortalecimento e aprimoramento das ações e serviços de farmácia no âmbito dos hospitais*. Brasília: Diário Oficial, 2010.
- BRASIL. *Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n. 568, de 6 de dezembro de 2012. Dá nova redação aos artigos 1º ao 6º da Resolução do CFF n. 492 de 26 de novembro de 2008, que regulamenta o exercício profissional nos serviços de atendimento pré-hospitalar*. Brasília: Diário Oficial, 2012.
- BRASIL. *Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n. 59, de 24 de novembro de 2009. Dispõe sobre a implantação do sistema nacional de controle de medicamentos e definição dos mecanismos para rastreamento de medicamentos, por meio de tecnologias e dá providências*. Brasília: Diário Oficial, 2009.
- BRASIL. *Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n. 596, de 21 de fevereiro de 2014. Dispõe sobre o código de ética farmacêutica, o código de processo ético e estabelece as infrações e as regras de aplicação das sanções disciplinares*. Brasília: Diário Oficial, 2014.
- BRASIL. *Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n. 67, de 8 de outubro de 2007. Dispõe sobre boas práticas de manipulação de preparações magistrais e oficinais para uso humano em farmácias*. Brasília, Brasil: Diário Oficial, 2007.

BRASIL. *Vocabulário controlado de formas farmacêuticas, vias de administração e embalagem de medicamentos*. 1. ed. Brasília: Anvisa, 2011.

BRASIL. *Lei n. 13.021, de 8 de agosto de 2014. Dispõe sobre o exercício e a fiscalização das atividades farmacêuticas*. Brasília, Brasil: Diário Oficial, 2014.

BROOKS, J.; BROOKS, L. Automation in the medical field. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, v. 17, n. August, 1998.

CARDOSO, Camila. *Análise das atividades desenvolvidas em farmácia hospitalar para automação: um estudo de caso em dois hospitais do Distrito Federal, Brasil*. 2013. Universidade de Brasília, 2013.

CONGO, Mariana. Farmácia automática otimiza trabalho em hospital. *Estado de São Paulo*, São Paulo, 4 fev. 2015. , p. 1–2Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/blogs/radar-tecnologico/farmacia-automatica-otimiza-trabalho-em-hospital/>>.

CONSELHO FEDERAL DE FARMÁCIA. *Resolução n° 586, de 29 de agosto de 2013. Regula a prescrição farmacêutica e dá outras providências*. Brasília: Diário Oficial, 2013.

CONSELHO FEDERAL DE NUTRICIONISTAS. *RESOLUÇÃO n° 525 / 2013 Regulamenta a prática da fitoterapia pelo nutricionista , atribuindo-lhe competência para , nas modalidades que especifica , prescrever plantas medicinais , drogas vegetais e fitoterápicos como complemento da prescrição dietética*. Brasília: Diário Oficial, 2013.

EAHP Survey. *European Association of Hospital Pharmacist*, v. 1, n. 1, p. 450, 2010. Disponível em: <<http://www.eahp.eu/>>.

FRONTINI, R.; MIHARIJA-GALA, T.; SYKORA, J. EAHP 2010 survey on hospital pharmacy in Europe: Part 2 Procurement and distribution. *European Journal of Hospital Pharmacy: Science and Practice*, v. 19, p. 460–463, 2012a.

FRONTINI, R.; MIHARIJA-GALA, T.; SYKORA, J. EAHP Survey 2010 on hospital pharmacy in Europe: Part 1. General frame and staffing. *European Journal of Hospital Pharmacy: Science and Practice*. [S.l: s.n.]. , 2012b

GOMES, MARIA JOSE VASCONCELOS DE MAGALHÃES; REIS, ADRIANO MAX MOREIRA. *CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS: UMA ABORDAGEM EM FARMÁCIA HOSPITALAR*. 2. ed. São Paulo: ANTENEU, 2009.

GOMM, Heloisa Arruda *et al. Guia de Orientação do Exercício Profissional em Farmácia Hospitalar*. 1. ed. São Paulo: CFF, 2012. v. 1.

GS1 AUSTRALIA. GS1 Australia user manual - bar code details. *Toxicological Sciences*, 1 out. 2011.

HWANG, S W *et al.* Design and performance evaluation of multilayer packaging films for blister packaging applications. *Journal of Applied Polymer Science*, 2010.

LORENZINI, Elisiane; SANTI, Juliana Annita Ribeiro; BÃO, Ana Cristina Pretto. Patient safety: analysis of the incidents notified in a hospital, in south of Brazil. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, v. 35, n. 2, p. 121–127, jun. 2014.

MAGARINOS-TORRES, Rachel *et al.* Medicamentos essenciais e processo de seleção em práticas de gestão da assistência farmacêutica em estados e municípios brasileiros. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 19, n. 9, p. 3859–3868, set. 2014.

MCMULLEN, C. K. *et al.* Effect of computerized prescriber order entry on pharmacy: experience of one health system. *American Journal of Health-System Pharmacy*, v. 72, n. 2, p. 133–142, 15 jan. 2015.

MIKAMI, Katsuhiko *et al.* Effect of crystal axis in temperature dependence of laser-induced damage thresholds by nanosecond near-infrared laser. *Optics Communications*, v. 353, p. 117–121, out. 2015.

NASCIMENTO, Aline *et al.* Análise de correspondência múltipla na avaliação de serviços de farmácia hospitalar no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 29, n. 6, p. 1161–1172, jun. 2013.

NETA, Firmina Alves da Silva; BRANCO, Elisângela de Sousa; LEITE, Giovanna de Araújo. Gerenciamento de medicamentos em redes hospitalares do Sistema Único de Saúde (SUS). *RAHIS - Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde*, p. 11–21, 2011.

NITZAN; ROSEN. Programmable industrial automation. *IEEE Transactions on Computers*, v. C-25, n. 12, p. 1259–1270, dez. 1976.

OGATA, Katsushiko. *Engenharia de controle moderno*. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

PEDERSEN, Craig A; SCHNEIDER, Philip J; SCHECKELHOFF, Douglas J. ASHP national survey of pharmacy practice in hospital settings: Prescribing and transcribing - 2010. *American Journal of Health-System Pharmacy*, v. 68, n. 8, p. 669–688, 2011.

PINHEIRO, Alessandro *et al.* *Farmácia Hospitalar: Estudo de Dispensação de Medicamentos*. Uberlândia: XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2014.

PL15S-020. *Minebea-Matsushita Motor Corporation*, p. 1, 2005.

RAMYA, S; SUCHITRA, J; NADESH, R K. Detection of broken pharmaceutical drugs using enhanced feature extraction technique. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, v. 5, n. 2, p. 1407–1411, 2013.

REASON, J. Human error: models and management. *BMJ (Clinical research ed.)*, v.

320, n. 7237, p. 768–770, 2000.

SANTANA, Rafael Santos *et al.* Indicadores da seleção de medicamentos em sistemas de saúde: uma revisão integrativa. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v. 1, n. 35, p. 228, mar. 2014.

SCHECKELHOFF, Douglas J. Fifty years of advancement in American hospital pharmacy. *American Journal of Health-System Pharmacy*, v. 71, n. 22, p. 1947–1957, 15 nov. 2014.

SELLA, Valéria Regina Gonzalez *et al.* Effect of low-level laser therapy on bone repair: a randomized controlled experimental study. *Lasers in Medical Science*, v. 30, n. 3, p. 1061–1068, abr. 2015.

SEMMLOW, John L. *Biosignal and biomedical image processing, MATLAB-based applications*. 1. ed. New York: Marcel Dekker, Inc, 2004.

SILVA, Derli Maria de Souza Lima e. *Análise de dispensação de medicamentos em uma farmácia hospitalar*. 2013. 75 f. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu - SP, 2013.

SILVEIRA, Flávia Lopes 'da. *Uso de usinagem por jato de água, usinagem por controle numérico computadorizado e corte a laser no design de superfícies tácteis a partir de padrões modulares encaixáveis em ágata e cedro*. 2011. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

SKLAR, Bernard. *Digital communications: fundamentals and applications*. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

SMITH M, Ann-Loren; RUIZ A, Inés; JIRÓN A, Marcela. Errores de medicación en el Servicio de Medicina de un hospital de alta complejidad. *Revista médica de Chile*, v. 142, n. 1, p. 40–47, jan. 2014.

SWISSLOG. *Automated Packaging and Dispensing System*. Disponível em: <[http://www.swisslog.com/media/Swisslog/Documents/HCS/PillPick\\_Automated\\_Packaging\\_and\\_Dispensing\\_System/Brochures/PPS\\_100\\_PillPick\\_Overview\\_Brochure.pdf](http://www.swisslog.com/media/Swisslog/Documents/HCS/PillPick_Automated_Packaging_and_Dispensing_System/Brochures/PPS_100_PillPick_Overview_Brochure.pdf)>.

VALENTIM, Ricardo a M *et al.* AUTOMAÇÃO HOSPITALAR: O ESTADO DA ARTE. *Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde*, 2012.

WOODLAND, Norman J. *Bar Code*. Philadelphia, EUA: United States Patent Office, 1952.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *WHO medicines strategy: countries at the core 2004-2007*. Geneva: WHO, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *World health organization. who expert committee on specifications for pharmaceutical preparations. twenty-first report*.

Geneva: WHO, 2014. v. 307.

## ANEXO A – PUBLICAÇÕES

No decorrer do desenvolvimento do trabalho, dois artigos foram elaborados e tiveram sua publicação aceita nos anais do XXIV Congresso de Engenharia Biomédica:

- PINHEIRO, A. *et al.* **Farmácia Hospitalar: Estudo de Dispensação de Medicamentos.** Uberlândia: XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2014.
- PINHEIRO, A. *et al.* **Automação Hospitalar: Unitarização de *Blister*.** Uberlândia: XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2014.

Em andamento está a elaboração de um artigo para revista e também esta em análise, registro de patente pelo CDT – Centro de Apoio ao Desenvolvimento da UnB.

**ANEXO B – DATASHEETS**

Tabela 4: Especificação técnica do microcontrolador ATmega328.

Microcontrolador	ATmega328
Tensão de Operação	5V
Portas Digitais	14 (6 saídas PWM)
Entradas Analógicas	6
Corrente DC pino I/O	40 mA
Corrente DC para a porta 3.3V	50 mA
Memória Flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock	16 MHz
Dimensões	(68,6 x 42,4) mm
Massa	25 g

