

DANIEL PIMENTA FONSECA VAZ
LEONARDO DAGATA JUNG

Dispenser automatizado para fios cirúrgicos

SÃO PAULO
2017

DANIEL PIMENTA FONSECA VAZ
LEONARDO DAGATA JUNG

Dispenser automatizado para fios cirúrgicos

Monografia apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Mecatrônica.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Ribeiro Pereira Barretto

SÃO PAULO
2017

DANIEL PIMENTA FONSECA VAZ
LEONARDO DAGATA JUNG

Dispenser automatizado para fios cirúrgicos

Monografia apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Mecatrônica.

Área de Concentração: Engenharia Mecatrônica

Orientador: Prof. Dr. Marcos Ribeiro Pereira Barretto

SÃO PAULO
2017

CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Vaz, Daniel

Dispenser Automatizado para Fios Cirúrgicos / D. Vaz, L. Jung -- São Paulo, 2017.

131 p.

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

1.Dispenser 2.Automação 3.IHM 4.Projeto Mecânico 5.Logística
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos II.t. III.Jung, Leonardo

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho à nossas famílias, que jamais deixaram de nos incentivar, e que sempre estiveram do nosso lado, dispondo do seu tempo, estimulando e acreditando na concretização de nossos sonhos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo por todas oportunidades que nos foram propiciadas ao longo destes anos de graduação.

Ao corpo docente da Escola Politécnica pelos ensinamentos que foram essenciais para o desenvolvimento desta monografia.

Ao Hospital Israelita Albert Einstein que nos propôs este desafio, principalmente ao Engenheiro Julio Frias Dias, Analista de Propriedade Intelectual e Inovação da instituição, sempre à disposição para nos ajudar.

Ao nosso orientador Prof. Dr. Marcos Ribeiro Pereira Barretto, que nos guiou no decorrer dos últimos três semestres, dando todo suporte necessário.

Ao Prof. Dr. Gilberto Francisco Martha de Souza, que mesmo não sendo nosso orientador nos auxiliou diretamente com o desenvolvimento do protótipo.

À nossas famílias por todo apoio e paciência nas horas difíceis, por todo suporte e por nos incentivar a nunca desistir de buscar nossos sonhos.

Enfim, muito obrigado a todos que fizeram parte dessa etapa decisiva de nossas vidas.

ΕΠÍΓΡΑΦΕ

*“Whether you think you can, or you think you
can’t – you’re right”*

(Henry Ford)

RESUMO

São realizadas aproximadamente 3600 cirurgias por mês no Hospital Israelita Albert Einstein em São Paulo, com uma média de 5,5 fios de sutura utilizados por cirurgia. No momento em que uma cirurgia é agendada (seja com vários dias de antecedência ou alguns minutos em caso de uma emergência) realiza-se um agendamento com o centro cirúrgico. A partir deste momento, o centro cirúrgico é responsável por contatar 3 setores para obtenção de materiais/instrumentos: Depois que essas demandas são disparadas, a sala da cirurgia é preparada por um integrante da enfermagem denominado *circulante*. O circulante é responsável, portanto, em separar o kit necessário para cirurgia e ajeitá-lo na sala onde o ambiente é estéril. Os fios são classificados por seu tipo de agulha, material, diâmetro e tamanho. Assim, cada cirurgia possui sua particularidade para a utilização dos fios. Portanto, após levá-los à sala de cirurgia, o circulante abre todos os pacotes de fios à espera do início da cirurgia. Por questões éticas do escopo da medicina, é trazido uma quantidade maior de fios de modo a evitar insuficiências. Assim, os fios que vão para a sala de cirurgia jamais retornam ao estoque já que eles devem estar esterilizados para cada cirurgia, condição que é quebrada quando eles são abertos.

O objetivo deste projeto é, portanto, suprir falhas deste fluxo com relação aos fios cirúrgicos, a partir do desenvolvimento de um dispenser automatizado, viabilizar uma redução do espaço ocupado pela farmácia satélite, reduzir a quantidade de fios descartados e estudar a possibilidade do retorno do fio ao estoque. Portanto, trata-se principalmente de um projeto de otimização na logística do pré e pós-operatório por meio da construção do dispenser automatizado.

Após o desenvolvimento do projeto e construção do protótipo, todas as dificuldades encontradas ao longo dos testes, foram contornadas e levaram o projeto a melhorias e atingiu-se o objetivo principal estabelecido no início, que era a construção de um dispenser automatizado para fios cirúrgicos com um sistema de devolução.

Palavras-chave: Dispenser. Automação. IHM. Projeto Mecânico. Logística.

ABSTRACT

Approximately 3600 surgeries are performed per month at the Hospital Israelita Albert Einstein in São Paulo, with an average of 5.5 sutures used per surgery. At the time a surgery is scheduled (either several days in advance or a few minutes in case of an emergency) an appointment is set with the surgical center, responsible for contacting 3 sectors to gather the required materials/instruments. As the demands are set, the operating theater is prepared by a member of the nursing called *floating nurse*. The floating agent is therefore responsible for separating the kit needed for each surgery and arrange it prior to the doctor's arrival. The sutures are classified by their type of needle, material, diameter and size. Thus, each surgery has its particularity on its demanded surgical sutures types. Therefore, all kits are opened allowing the surgery to begin. For ethical reasons in the scope of medicine area, a greater amount of kits is brought in order to avoid insufficiencies. Thus, the suture kits which are taken to the operating theater can never return to the stock since they must be sterilized for each surgery, condition broken at the time they are opened.

The main objective of this project is, mainly, to avoid/compensate the failures of this flow, specifically on suture kits, by developing an automated dispenser, that makes the reduction of the amount of discarded kits feasible, optimizes the space occupied by the satellite pharmacy and to study the possibility to return the kit to the stock. Therefore, it is mainly a project that seeks improvement/optimization in logistics on the pre and post-operation through the construction of the automated dispenser.

After the development of the project and the prototype design and construction, all the difficulties faced during the tests were solved and led the project to improvements. The main objective established was reached, which was the construction of an automated dispenser for surgical sutures with a return system.

Keywords: Dispenser. Automation.HCI. Mechanical Project. Logistics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Caixa de papelão com 24 unidades de fio cirúrgico	15
Figura 2 - Envelope de alumínio (fio absorvível)	16
Figura 3 - Envelope de papel cartão (fio não absorvível)	16
Figura 4 - Fluxo de informações para preparação das SOs	27
Figura 5 – Alternativas levantadas	33
Figura 6 - Resumo das etapas da operação da máquina	38
Figura 7 - Primeira versão da solução escolhida	39
Figura 8 - Graus de liberdade da primeira versão da solução escolhida	39
Figura 9 - Foco no mecanismo da primeira versão da solução escolhida	40
Figura 10 - Guia vertical fresadora CNC	44
Figura 11 - Guia horizontal fresadora CNC	44
Figura 12 - Guia horizontal com movimento por correia dentada	45
Figura 13 - Vista isométrica do modelo comercial estudado	45
Figura 14 - Mecanismo de sucção	46
Figura 15 - Mecanismo final	47
Figura 16 - Corte de acesso à gaveta	47
Figura 17 - Raspberry PI 3 Model B	48
Figura 18 - Display 7"	49
Figura 19 - Diagrama de casos de uso	50
Figura 20 - Diagrama de classes	52
Figura 21 - Captura de tela do Ambiente de Desenvolvimento QtCreator	54
Figura 22 - Captura de tela do Visual Studio Code	55
Figura 23 - Captura de tela de uma simulacao inicial do aplicativo criado	55
Figura 24 - Captura de tela do aplicativo criado e a ferramenta “Redux” que permite ver em que estado atual do usuário, facilitando a programação.	56
Figura 25 - Diagrama elétrico ilustrativo	57
Figura 26 - Diagrama de componentes elétricos	58
Figura 27 - Protótipo em 3D	60
Figura 28 – Desenho de Conjunto do Protótipo	60
Figura 29 – Vista Isométrica do protótipo	61
Figura 30 – Vista Frontal do protótipo	62
Figura 31 – Vista Superior do protótipo	62
Figura 32 – Mecanismo de sucção	63
Figura 33 - Ordem de acionamento das bobinas no motor de passo	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios de avaliação das soluções	35
Tabela 2 – Matriz de decisão para as soluções	36
Tabela 3 - Especificações do mecanismo	48

LISTA DE ABREVIações

ADM	AUTOMATED DISPENSING MACHINE
API	APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE
CAD	COMPUTER AIDED DESIGN
CLP	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL
CNC	COMPUTER NUMERICAL CONTROL
CSS	CASCADE STYLE SHEETS
DC	DIRECT CURRENT
FSM	FINITE STATE MACHINE
GUI	GRAPHICAL USER INTERFACE
HIAE	HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN
HTML	HYPER TEXT MARKUP LANGUAGE
IDE	INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENT
IHM	INTERFACE HOMEM-MÁQUINA
INPI	INSTITUTO DE PROPRIEDADE INTELECTUAL
NHS	NATIONAL HEALTH SERVICE
RdP	REDE DE PETRI
RPI	RASPBERRY PI
SFC	SEQUENTIAL FUNCTION CHART
SO	SALA OPERATÓRIA
SQL	STRUCTURED QUERY LANGUAGE
TCC	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	14
1.1. APRESENTAÇÃO E DESCRIÇÃO DO TEMA	14
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.3. FIOS CIRÚRGICOS.....	15
1.4. ESTADO DA ARTE.....	16
1.4.1. Importância do Projeto	17
1.4.2. Exemplos de Sistemas Automatizados	20
1.4.3. Patentes Relacionadas	21
1.4.4. Considerações Finais	23
2. ANÁLISE DE REQUISITOS.....	24
2.1. FLUXO DE INFORMAÇÃO E MATERIAIS.....	24
3. ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	28
3.1. METODOLOGIA DE PROJETO	28
3.1.1. Formulação do problema e dos objetivos.....	28
3.1.2. Levantamento de requisitos.....	28
3.1.3. Proposta de alternativas	29
3.1.4. Seleção de alternativas	30
3.1.5. Projeto básico (mecânico e software)	30
3.1.6. Projeto detalhado (mecânico, elétrico e software)	30
3.1.7. Implementação.....	31
3.1.8. Integração e testes.....	32
3.1.9. Documentação	32
3.2. PROPOSTA DE ALTERNATIVAS	32
3.3. SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	33
4. PROJETO BÁSICO (MECÂNICO E SOFTWARE).....	37
4.1. PROJETO MECÂNICO INICIAL	37
4.2. SOFTWARE	40
5. PROJETO DETALHADO (MECÂNICO, ELÉTRICO E SOFTWARE)	43

5.1. CONCEPÇÃO.....	43
5.1.1. Mecânico	43
5.1.2. Controle e Programação.....	48
5.1.3. Projeto Elétrico/Eletrônico	56
6. CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	59
6.1. DESENVOLVIMENTO	59
6.2. CONSTRUÇÃO	61
7. TESTES E RESULTADOS DO PROTÓTIPO	65
7.1. TESTES COM O PROJETO ELÉTRÔNICO	65
7.2. TESTES COM O PROJETO DE SOFTWARE	66
7.3. TESTES COM O PROJETO MECÂNICO	67
7.4. RESULTADOS	68
7.5. PONTOS A DESENVOLVER.....	68
8. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	70
8.1. DISCUSSÃO.....	70
8.2. ÉTICA.....	73
8.3. CONCLUSÃO	73
9. BIBLIOGRAFIA	75
ANEXO A - CÁLCULOS DE FREQUÊNCIA NATURAL DO MECANISMO....	78
ANEXO B - LISTA DE PEÇAS	80
ANEXO C – DESENHOS DE CONJUNTO	82
ANEXO D – DIAGRAMAS DE SEQUÊNCIA.....	87
ANEXO E – MANUAL DE CASOS DE USO	93

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO E DESCRIÇÃO DO TEMA

São realizadas em média 3600 cirurgias por mês no Hospital Israelita Albert Einstein em São Paulo, resultando em 120 cirurgias por dia em 30 salas operatórias (SO). Para a realização dessas cirurgias existem quase 200 tipos de fios cirúrgicos (50 de alto consumo), com uma média de 5,5 fios utilizados por cirurgia. No momento em que uma cirurgia é agendada (seja com vários dias de antecedência ou alguns minutos em caso de uma emergência) realiza-se um agendamento com o centro cirúrgico. A partir deste momento, o centro cirúrgico é responsável por contatar 3 setores para obtenção de materiais/instrumentos: o primeiro deles é a central de materiais, que fornece os instrumentos não descartáveis como pinças, bisturis, etc. O segundo é a Engenharia Clínica que fornece equipamentos como eletrodos e máquinas de cauterização. Por fim, informa-se a farmácia satélite, sala de em torno de 60m² que fica dentro do próprio centro cirúrgico e fornece materiais descartáveis (suturas, fios, agulhas) e medicamentos. Depois que essas demandas são disparadas a sala da cirurgia é preparada por um integrante da enfermagem denominado circulante. O circulante é responsável, portanto, em separar o kit necessário para cirurgia e ajeitá-lo na sala onde o ambiente é estéril. Os fios são classificados por seu tipo de agulha, material, diâmetro e tamanho. Assim, cada cirurgia possui sua particularidade para a utilização dos fios. Portanto, após leva-los à sala de cirurgia, o circulante abre todos os pacotes de fios à espera do início da cirurgia. Por questões éticas do escopo da medicina, é trazido uma quantidade maior de fios de modo a evitar insuficiências. Assim, os fios que vão para a sala de cirurgia jamais retornam ao estoque já que eles devem estar esterilizados para cada cirurgia, condição que é quebrada quando eles são abertos.

1.2. OBJETIVOS

O projeto trata a resolução de um problema de logística, e visa automatizar ao máximo os processos de retirada, devolução e gestão do estoque de fios, assim otimizando um processo hoje ineficaz, podendo reduzir despesas e o tempo indesejável com o método atual. O hospital não apresenta hoje um fluxo logístico conciso que permita a

devolução dos fios não utilizados, em primeiro lugar pela abertura e rompimento da condição de esterilização, em segundo lugar pela falta de um procedimento estruturado para isso.

Um dispenser automatizado para fios cirúrgicos é uma solução capaz de neutralizar (na pior das hipóteses parcialmente) os impactos gerados por estes fatores, que tangem tantos aspectos econômicos quanto ambientais.

Portanto, o projeto consiste no seu desenvolvimento para disponibilizar de forma rápida e eficiente aos médicos e/ou enfermeiros os fios que serão utilizados durante uma cirurgia, assim como a possibilidade de devolver os fios não utilizados.

1.3. FIOS CIRÚRGICOS

Os fios cirúrgicos são normalmente comprados em caixas de papelão com 24 unidades, embalados em duplo envelope (cerca de 7,5cm por 12,5cm) com a data de validade e as especificações do fio com uma padronização de cor que indicam o seu tipo e sua composição (7). Dentro da embalagem primária, os fios absorvíveis se encontram em envelopes de alumínio. Os não absorvíveis, por sua vez, se encontram em envelopes de papel cartão dobrado (LOPES, 2004). Ambos são acondicionados em papel grau cirúrgico e filme plástico de polietileno.

Figura 1 - Caixa de papelão com 24 unidades de fio cirúrgico



Fonte: Dentalkobrasil

Figura 2 - Envelope de alumínio (fio absorvível)



Fonte: LOPES, Nancy M. do Rio B., 2004

Figura 3 - Envelope de papel cartão (fio não absorvível)



Fonte: LOPES, Nancy M. do Rio B., 2004

O descarte de fios não utilizados gera como resíduos o material da sutura escolhida (nylon, algodão, poliglactina, poligliconato, etc.) e as embalagens. Dificilmente esses materiais são separados no processo de descarte, potencializando o impacto ambiental. Além disso, embalagens de papel grau cirúrgico constam na lista de produtos proibidos de reprocessar (ANVISA, 2006). O único material reciclável dentre os citados é o filme de polietileno, mas qualquer contaminante no processo de reciclagem, afeta-o de modo que muitas vezes o material gerado não tem nenhuma aplicação prática (INBRASIL, 2017). Sabe-se também que é difícil separar os tipos de plástico para a reciclagem e qualquer material encontrado no processo de seleção que não possa ser caracterizado, acaba sendo também enviado a aterro sanitário. Caso não seja reciclado, demora em torno de 50 anos para se degradar.

1.4. ESTADO DA ARTE

A problemática da automação do ambiente hospitalar e farmacêutico já foi previamente discutido em algumas abordagens na literatura. Diversos trabalhos

estudaram as principais causas de erros médicos e falta de estoque de medicamentos nos hospitais, enquanto outros tentaram suprir essas deficiências com o desenvolvimento de soluções baseadas na tecnologia. Nesta seção, será apresentada, inicialmente, uma revisão bibliográfica que comprova a importância do desenvolvimento deste projeto, assim como os resultados de projetos com objetivos similares (e as devidas soluções utilizadas). Em seguida, serão fundamentados alguns conceitos básicos para o desenvolvimento de um modelo de dispenser automatizado para fios cirúrgicos. Na sequência, serão expostos alguns exemplos de sistemas automatizados existentes na literatura que constituirão a fundamentação teórica utilizada nos capítulos posteriores. Por fim, uma pesquisa de patentes relacionadas ao assunto e algumas considerações finais concluirão este Estado da Arte.

1.4.1. Importância do Projeto

Desde a publicação do *Institute of Medicine* (Kohn LT et al., 2000) no início do ano de 2000, as instituições de saúde não só dos Estados Unidos, mas do mundo inteiro tem reconhecido a necessidade de buscar novas soluções para melhorar a qualidade de seus serviços. Resultados apresentados nesta publicação mostram que entre 44,000 e 98,000 pessoas morrem anualmente em hospitais norte-americanos em decorrência de falhas médicas, excedendo o número de mortes por acidentes de automóvel, câncer de mama e AIDS. Esses erros são definidos como uma falha de execução de uma ação ou como a falta de planejamento adequado para atingir um objetivo, e ainda segundo os autores, além do preço imensurável das vidas humanas, eles podem chegar a custar entre \$17 bilhões e \$29 bilhões por ano.

Após uma década do estudo divulgado pelo *Institute of Medicine*, erros médicos continuam a ser uma das principais causas de morbidez e mortalidade, e é por isso que diversos sistemas automatizados vêm sendo implementados para assegurar que os pacientes estão recebendo a medicação correta, na dosagem correta, e na hora correta (NW et al., 2014).

Lahtela et al. (2010) apontam que erros de medicação constituem a maior parte dos erros médicos. Eles propõem, portanto, um sistema completamente automatizado para distribuição de medicamentos, no qual os pacientes já recebem as doses certas nas horas certas. Os ADMs (para Automated Dispensing Machines), dispositivos de armazenamento e distribuição automatizada dos medicamentos, garantem a

qualidade de atendimento e segurança dos pacientes. No estudo, o ADM utilizado é responsável por embalar os medicamentos de cada paciente em pequenos sacos com as informações do paciente e do medicamento. Essas máquinas foram implementadas em um hospital-escola na Finlândia, e os dados foram coletados durante 8 meses. Os resultados mostram significativas melhoras na gestão e logística dos medicamentos no hospital, já que apesar de não levar os erros a zero (taxa de erro ficou em torno de 0,0013%, e presença de algumas pílulas quebradas) e não ter reduzido o tempo para realização dos processos, os níveis de higiene, segurança e confiança dos pacientes, que recebiam seus medicamentos já embalados com seu nome e dosagens, se elevou consideravelmente.

Em uma farmácia no Royal Wolverhampton Hospitals NHS Trust, o primeiro local no Reino Unido a implementar um ADM, um estudo (Leape LL et al., 1991) avaliou diversos parâmetros antes e depois da chegada das máquinas. Foram eles espaço utilizado, erros de distribuição e tempo de funcionários utilizados. Os resultados mostram uma redução do espaço utilizado para o armazenamento de medicamentos (2 metros cúbicos a menos), sem a necessidade de corredores que possibilitassem a locomoção de uma pessoa, e redução significativa (16%) nos erros de distribuição. No que diz respeito ao tempo gasto pelos funcionários, este não sofreu alterações, visto que o processo de carregamento das máquinas era feito manualmente.

KASBEKAR (2013) realizou um estudo similar de influência da automação na gestão de medicamentos no Penn Presbyterian Medical Center, um hospital de 350 leitos na Philadelphia. Neste hospital, o modelo de distribuição de medicamentos era manual e extremamente centralizado, consumindo entre 12 e 16 horas por dia de funcionários para a realização desses processos. Após seis meses da inserção de um ADM responsável por embalar, estocar e distribuir os medicamentos, os custos operacionais foram reduzidos em aproximadamente \$350,000 e o número de remédios perdidos ao longo da cadeia logística caiu em 40%. Além disso, mesmo que o tempo de trabalho das enfermeiras tenha permanecido o mesmo, ele foi muito mais concentrado para atender os pacientes do que para a manipulação e gestão de estoques de medicamentos.

Assim a aplicação de ADMs não só reduz a chance de erros na obtenção, manipulação e ingestão de medicamentos, mas também cria um fluxo de trabalho mais eficiente, permitindo que os funcionários do hospital e das farmácias dediquem

uma menor parte de seu tempo localizando, recuperando e verificando os remédios, e se concentrem mais nos pacientes.

Uma abordagem com resultados diferentes é apresentada em por Rodriguez-Gonzalez C.G. et al. (2012). Inicialmente, o artigo comprova os dados já encontrados anteriormente sobre os erros médicos e se baseia nos resultados do estudo *Harvard Medical Practice Study* de Leape LL et al. (1991) para provar suas hipóteses. Este estudo, por sua vez, analisa os danos causados por essas falhas no ano de 1984 no estado de Nova Iorque, e aponta que 3,7% dos pacientes hospitalizados passaram por algum tipo erro médico, sendo em sua maioria (19%) relacionados a erros de medicação (39% durante a prescrição, 12% durante a transcrição, 11% durante a distribuição e 38% no processo de administração), seguido por infecções durante cirurgias (14%). Voltando à Rodriguez-Gonzalez C.G. et al. (2012), os autores avaliam as taxas de erros de administração de medicamentos e os fatores de risco do processo manual em um estudo conduzido em 2 hospitais com mais de 1500 leitos em Madrid com mais de 10 anos de experiência no uso de ADMs. Os resultados apresentam uma alta taxa de erro, principalmente devido à técnica incorreta no que diz respeito de ingestão de alimentos (necessidade de alimentação restrita devido à medicação) e à diluição errônea dos medicamentos. A incidência de outros erros foi significativamente inferior. Essas falhas vêm majoritariamente da falta de preparo e organização da equipe de enfermeiros, que não consultam as planilhas de horários geradas pelo ADM e não verificam a necessidade de alimentação especial atrelada a cada medicamento (o ADM não separa nem indica medicamentos que tenham necessidades de alimentação especial, sendo responsabilidade dos enfermeiros de fazer esse controle). Além disso, a falta de instrução e orientação da equipe acarretou na propagação e repetição desses erros.

Em 2013, CARDOSO e SILVA (2013) verificaram o processo de implementação de um ADM em uma farmácia hospitalar em um hospital do Distrito Federal (Brasil), e constataram, de maneira semelhante à Rodriguez-Gonzalez C.G. et al. (2012), que os colaboradores não receberam o treinamento apropriado para manipular o equipamento, trazendo dificuldades durante a operação e perdas de material. A grande maioria da equipe de funcionários (75%) avaliou as atividades de utilização do ADM como “difíceis” e de abastecimento demorado, e 18,75% não se considerava preparada para manipular o equipamento. Tais referências não deixam de demonstrar a importância da automação de processos hospitalares, mas realçam a necessidade

intrínseca de desenvolver uma máquina de fácil aplicação sem a necessidade de uma equipe especializada para a sua operação.

Uma publicação da 20 Ways (revista educativa para administradores de farmácias e hospitais do grupo RXInsider) (SWISSLOG, 2013) relatou em 2013 o desempenho da empresa Swisslog, que fornece soluções automatizadas para administração do fluxo logístico de medicamentos em mais de 3,000 hospitais ao redor do mundo. Os produtos oferecidos pela Swisslog oferecem um maior controle de inventário para as farmácias e hospitais, e incluem um software para gestão de estoques e um equipamento de estocagem automatizada que permite armazenamento e distribuição de medicamentos.

1.4.2. Exemplos de Sistemas Automatizados

Um sistema de automação de armazenamento já estudado e modelado na literatura é o *sistema carrossel*, descrito por LITVAK e VLASIOU (2010). Como apresentado pelos autores, ele é amplamente utilizado em armazéns de pequenos e médios produtos, e consiste em prateleiras ligadas que giram em uma trajetória circular e cíclica. Em sua saída há a presença de um coletor, que pode ser tanto uma garra mecânica quanto uma pessoa, responsável por retirar os produtos das prateleiras. Esse sistema é muito versátil, e pode ser empregado de diversas maneiras (carrossel horizontal e vertical, com rotação para apenas um lado ou para os dois). Nelly e Maria modelam dois problemas de automação de armazenamento utilizando carrosséis, e estudam o tempo de resposta do sistema baseado em algoritmos de otimização de percurso. No primeiro, existe apenas um único carrossel entregando um único pedido do utilizador, podendo ser resolvido de forma analítica. No segundo, eles já modelam mais de um carrossel trabalhando ao mesmo tempo, com diversas demandas, mas apenas um coletor. Estes exemplos mais complexos já são muito mais difíceis de serem resolvidos, podendo levar a tempos computacionais de solução do problema bastante elevados. Além disso, ainda segundo os autores, os carrosséis apresentam um tempo considerável de resposta até a entrega do produto, necessário para o cálculo de aonde está o produto, e como ele deve girar de forma que este produto chegue ao coletor da forma mais eficiente possível. Este tempo pode ser aproveitado para o utilizador realizar outras tarefas (como empacotamento ou outros pedidos em outros carrosséis), ou simplesmente ser um tempo desperdiçado. Quando se trata de

um ambiente hospitalar, e demanda de fios cirúrgicos, uma alternativa com menor tempo de resposta pode/deve ser melhor empregada.

Um outro exemplo de sistema automatizado de distribuição de produtos são as conhecidas Vending Machines. Como apresentado por VAID (2014), elas são responsáveis pela venda de diversos produtos, sendo um processo que não necessita a intervenção humana, fácil, rápido e eficaz. Mesmo que normalmente utilizadas para alimentos e bebidas, a sua facilidade de utilização e simetria com os pré-requisitos daquilo que deve ser desenvolvido nessa monografia, fazem com que uma análise mais aprofundada dessas máquinas seja vantajosa. Na realidade, elas não deixam de ser máquinas nas quais um utilizador interage com a máquina através de uma interface, realiza o pedido de um determinado produto, e o retira em um ponto de coleta da máquina. O processo de pagamento e reconhecimento de notas de dinheiro pode ser comparado a armazenagem de um produto no sistema a partir de um modelo de código de barras.

Ainda por VAID (2014), são desenvolvidos dois algoritmos de vending machines para avaliação do tempo de resposta, potência, lógica das operações e espaço utilizado para sua implementação. Neste trabalho as etapas de implementação dessas máquinas são apresentadas, e baseado na teoria de FSM (para Finite State Machine) - modelo matemático usado para projetar o funcionamento de máquinas e circuitos lógicos - eles são validados.

Uma abordagem similar é apresentada por V. V. S. et al. (2013), em que os autores utilizam um modelo de Mealy (descrito como uma FSM que gera Outputs baseados no estado atual do sistema e um Input, se opondo aos modelos de Moore que dependem apenas do estado atual) e modelizam todo o fluxo de controle de operações de uma vending machine de bebidas.

Com a evolução tecnológica de aparelhos baseada nos conceitos fundamentais sobre modelagem de sistemas apresentados nas referências acima, é necessária uma verificação das patentes existentes neste âmbito e como esses conceitos podem/devem ser aplicados no desenvolvimento de novas soluções, mais especificamente em ambientes hospitalares.

1.4.3. Patentes Relacionadas

Julio Frias Dias, da *Diretoria de Inovação e Gestão de Conhecimento do Hospital Israelita Albert Einstein*, parceiro do projeto, realizou um parecer técnico nas bases de patentes *Orbit*, *Espacenet* e na base de dados do *Instituto de Propriedade Intelectual* (INPI) no dia 07 de novembro de 2016, o qual foi disponibilizado para o desenvolvimento deste trabalho.

Em uma primeira pesquisa a partir das palavras-chave “Automatic”, “Storage”, “Pick”, “Product”, “Piece”, “Pharmaceutical” e “Machine” na base *Orbit*, três patentes relacionadas com o assunto foram encontradas. A primeira de HELLENBRAND (2014) na qual foi desenvolvida uma máquina de coleta e armazenamento de pequenas peças, com uma (ou mais) prateleiras de armazenamento e uma parte móvel transportadora, que pode tanto armazenar quanto recuperar as peças, entregues em um local de recepção. A segunda patente encontrada nessa pesquisa é de origem chinesa, de GUOCHENG e TIANSHUANG (2016), em que os autores desenvolvem uma invenção de distribuição de medicamentos, na qual a máquina, através de sistemas de controle, mantém a temperatura e humidade nas condições exatas para o armazenamento do material, e além de fácil utilização, está conectada a um sistema online de entrega dos medicamentos sem a necessidade de locomoção dos pacientes. Por fim, uma outra patente do autor GUOCHENG (2016), muito similar à anterior, implementa um modelo de dispenser automatizado para maquinário farmacêutico, com uma balança eletrônica de precisão e controle de temperatura para evitar perda de material por deterioração.

Uma segunda pesquisa na base *Orbit* a partir da palavra-chave “Picklog” (nome de uma empresa responsável pelo desenvolvimento deste tipo de máquinas) e similares resultou em mais três patentes pertinentes. A primeira delas da própria empresa Picklog, de LOPES RIBEIRO (2015), que foi depositada no Brasil e desenvolve uma unidade móvel de armazenamento e distribuição de vários tipos de produto, que pode operar desde o modo manual até completamente automatizado, aonde utiliza coordenadas cartesianas e um sistema de softwares para realizar a função desejada. A empresa Bromas Log também publicou uma patente neste âmbito (BROGI, 2015), na qual Brogi Marco cria uma máquina capaz de estocar diferentes tipos de produtos (embalados em caixas padronizadas), guardados em um ou mais andares de prateleiras, e rapidamente alcançados por um moderno sistema de recuperação e entregues em um ou mais pontos de coleta. A terceira patente, da empresa Casepick Systems (de Lert John, Sullivan Robert e Toebes Stephen) (LERT et al., 2010) é

responsável pelo desenvolvimento de um sistema de armazém com um veículo (com uma espécie de garra/prateleira automática de suporte) autônomo responsável por coletar e armazenar caixas em locais pré-definidos. Este sistema é mais complexo que os anteriores, já que envolve não só o desenvolvimento da lógica de armazenagem e um banco de dados com informações das caixas e locais, mas também do veículo que percorre distâncias muito maiores.

As pesquisas na base de dados de patentes *Espacenet* e do *Instituto Nacional de Propriedade Intelectual* forneceram apenas resultados que já haviam sido encontrados ou que não estavam relacionados com a ideia central deste projeto.

1.4.4. Considerações Finais

A literatura aborda, portanto, diversos trabalhos sobre a automação hospitalar, problemática central desta tese. Diversos dispositivos para armazenamento e distribuição de produtos também foram encontrados (principalmente para medicamentos), e este assunto se mostra bem conhecido e aplicado em diversas soluções e setores. Com relação à proteção intelectual, várias patentes existentes impedem com que a tecnologia desenvolvida nos próximos capítulos as use como modelo sem acréscimo de novas funcionalidades ou mudança funcional, como por exemplo a opção de alimentação automatizada.

Em conclusão, esta revisão bibliográfica servirá de base conceitual para esta tese, já que comprova a importância do projeto a ser desenvolvido e concede as linhas do embasamento teórico necessário para a criação de um novo produto, sem deixar de lado a necessidade de fazer deste projeto uma inovação no setor, evitando qualquer tipo de infração às patentes existentes.

2. ANÁLISE DE REQUISITOS

A análise de requisitos é uma importante etapa para entregar um projeto com qualidade, e satisfazer o cliente e, principalmente, e garantir um know-how para a busca de novos clientes, sejam eles do mesmo segmento ou não. Em tempos onde os recursos financeiros são escassos, além de entregar um produto que atenda integralmente as necessidades do seu cliente, manter o projeto dentro do custo/tempo planejado deve ser um dos principais focos.

No início, o cliente apresenta o seu problema e baseia sua solução ideal levando em conta aquilo que ele quer, e não o que ele realmente precisa e, mesmo nessa fase tão precoce, o sucesso do projeto já pode estar em risco. O que evidencia mais uma vez a importância utilizar as técnicas corretas para extrair toda a informação necessária do seu cliente, sendo necessário conhecer o dia-a-dia do seu usuário e entender como funciona o seu processo do começo ao fim, visto que todas as informações e detalhes extraídos durante esse processo de análise e definição dos requisitos estarão presentes durante o andamento do projeto.

2.1. FLUXO DE INFORMAÇÃO E MATERIAIS

Nesta etapa o objetivo principal é a compreensão de todo fluxo de informação e materiais no seio do hospital para o centro cirúrgico. Para isso foram levantadas algumas questões principais à serem respondidas por especialistas da área conjuntamente com funcionários do Hospital Albert Einstein:

- Hoje em dia, como funciona o fluxo de informação para a coleta dos fios, e quem realiza esse procedimento?

No momento em que uma cirurgia é agendada (seja com vários dias de antecedência ou alguns minutos em caso de uma emergência) realiza-se um agendamento com o centro cirúrgico. A partir deste momento, o centro cirúrgico é responsável em contatar 3 setores para obtenção de materiais/instrumentos: o primeiro deles é a central de materiais, que fornece os instrumentos não descartáveis como pinças, bisturis, etc. O segundo é a Engenharia Clínica que fornece equipamentos como eletrodos e máquinas de cauterização. Por fim, informa-se a farmácia satélite, sala de em torno de 60m² que fica dentro do próprio centro cirúrgico e fornece materiais descartáveis

(suturas, fios, agulhas) e medicamentos. Depois que essas demandas são disparadas a sala da cirurgia é preparada por um integrante da enfermagem denominado *circulante*. O circulante é responsável, portanto, em separar o kit necessário para cirurgia e ajeitá-lo na sala onde o ambiente é estéril.

- Existem fios perdidos durante este processo? Ou seja, fios que vão para as salas de cirurgia, não são utilizados, mas não retornam ao estoque?

Diferente do que havia sido compreendido em um primeiro momento, depois que as demandas são disparadas a sala da cirurgia é preparada por um integrante da enfermagem denominado *circulante*. O circulante é responsável, portanto, em separar o kit necessário para cirurgia e ajeitá-lo na sala onde o ambiente é estéril. Os fios são classificados por seu tipo de agulha, material, diâmetro e tamanho. Assim, cada cirurgia possui sua particularidade para a utilização dos fios. Portanto, após leva-los à sala de cirurgia, o circulante abre todos os pacotes de fios à espera do início da cirurgia. Por questões éticas do escopo da medicina, é trazido uma quantidade maior de fios de modo a evitar insuficiências. Assim, os fios que vão para a sala de cirurgia jamais retornam ao estoque já que eles devem estar esterilizados para cada cirurgia, condição que é quebrada quando eles são abertos.

- Existe algum tipo de controle de estoque para controle das quantidades e tipos de fios existentes?

A própria farmácia satélite realiza o controle de estoque para as cirurgias. Quando as demandas são feitas a quantidade de fios retiradas para cada cirurgia é computado.

- Qual é atualmente o espaço utilizado para armazenar os fios?

Como citado anteriormente, os fios encontram-se na farmácia satélite que tem em torno de 60m².

- Quantos tipos de fios são utilizados por dia/semana/mês e em que quantidade?

São comprados em torno de 60mil fios de sutura a cada 90 dias. Considera-se que quase não há desperdício de fios nem acúmulo de estoque, resultando em um consumo médio de 660 fios cirúrgicos por dia. Esses fios são de 190 tipos diferentes, sendo que o consumo é concentrado em por volta de 40 tipos.

- Como é a distribuição de fios por cirurgia, e cirurgias por período de tempo?

São realizadas em média 3600 cirurgias por mês no hospital, resultando em 120 cirurgias por dia em 30 salas operatórias (SO). Portanto, são utilizados 5,5 fios por cirurgia. É importante ressaltar que esses valores são médios e o uso das SOs não é uniforme (varia com o período do ano e até mesmo com os dias da semana), e existem cirurgias nas quais são utilizados mais de 20 fios. Informações mais específicas de estatísticas não foram fornecidas.

- Como é a distribuição de fios que não são utilizados e retornam ao estoque?

Como explicado, não há fios que retornam ao estoque.

- Existe algum tipo de controle/distribuição de coletas de fios que foram realizadas de maneira incorreta? Seria possível realizar este estudo?

Como a sala é preparada com antecedência pelo circulante, ele próprio verifica se não há erros. Como os kits são pré-definidos e vão “prontos” para a sala de cirurgia, contendo vários fios de diferentes tamanhos, os erros são quase zero.

- Existe algum tipo de análise do tempo gasto para a realização das tarefas de coleta e armazenagem dos fios? Se não, seria possível realizar um estudo neste âmbito?

O processo de realização da coleta e armazenagem dos fios é realizado antes da cirurgia e, portanto, não impacta no tempo da cirurgia em si. Se o cirurgião precisar de algum fio que não está disponível na sala durante a cirurgia, por motivos de estar em um ambiente estéril, ele contata o circulante que vai realizar a nova coleta instantaneamente. Logo, este processo quase não acarreta em tempo adicional que possa gerar algum tipo de impacto no processo de salvar vidas.

- Qual o custo que o processo tem hoje em dia (levando em conta tempo gasto e massa salarial)?

O custo de todos materiais utilizados durante uma cirurgia são, atualmente repassados ao paciente. Assim, o fato de os fios estarem todos abertos no início da cirurgia gerando desperdício não gera impacto no orçamento do hospital e sim no paciente. Entretanto, a tendência é a instauração de novas políticas que estabeleçam

um preço fechado por cirurgia/procedimento realizado. Neste caso, o não desperdício desses fios geraria uma economia para a instituição. Sabe-se que uma caixa contendo 24 unidades de fios custa entre R\$ 150,00 e R\$ 350,00, sendo a média em torno de R\$ 200,00 (R\$ 8,33 por fio). Considerando que por cirurgia são desperdiçados entre 2 e 3 fios, para 3600 cirurgias por mês, haveria uma economia de entre 7200 e 10800 fios por mês, ou seja, de R\$ 60.000,00 à R\$ 90.000,00. Além disso, existe todo impacto ambiental gerado pelo descarte dos fios de nylon (não absorvível).

Com relação a massa salarial, ainda haveria a necessidade do serviço do circulante preparando a sala com outros materiais e a operação do dispenser automatizado para a retirada dos fios, logo não geraria nenhum tipo de economia.

A figura abaixo retrata então, de maneira simplificada, o fluxo de informação para preparação da SO.

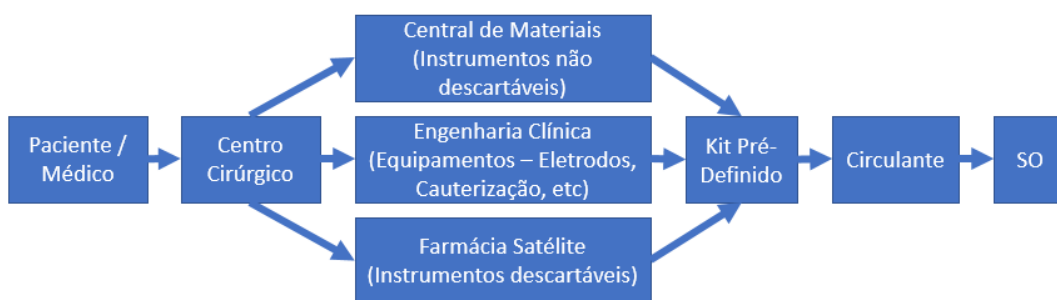


Figura 4 - Fluxo de informações para preparação das SOs

Em resumo, o objetivo do projeto será suprir as falhas deste fluxo com relação aos fios cirúrgicos. A ideia é a construção de uma máquina que supra a necessidade de 4 salas (em torno de 16 cirurgias por dia, ou seja, 88 fios por dia, lembrando que há dias que a demanda é maior) e que seja de fácil acesso, não havendo a necessidade de preparação e abertura prévia dos fios, e de rápida utilização, permitindo o próprio cirurgião ou alguém da equipe (podendo ser o próprio circulante) de retirar os fios necessário, e mesmo que não sejam utilizados, sejam devolvidos fechados para a máquina que se encontra dentro da própria SO (ou em uma sala central com abertura para 4 SO) ou no corredor do centro cirúrgico. Uma observação do médico da equipe que acompanha o projeto foi a necessidade de priorizar a retirada de fios ao armazenamento, ou seja, se algum fio for solicitado durante o processo de armazenagem, este deve ser interrompido, a retirada deve ser executada, e depois retoma-se a armazenagem.

3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

De acordo com SALOMON (1999), a metodologia científica é a *"concreção da atividade científica, ou seja, a pesquisa e o tratamento por escrito de questões abordadas metodologicamente."* Temos então, conceitos fundamentais envolvidos durante todo o projeto, planejamento, organização, análise e a identificação de materiais mais adequados ao tema escolhido. SAMPAIO (2013) evidencia o uso da abordagem metodológica para delimitar, problematizar e elaborar hipóteses ao redor do tema escolhido.

Durante todo o curso de graduação, adquire-se conhecimentos de forma a agregar valor para o estudante e conceitos/práticas envolvendo a metodologia científica, o que possibilita a organização, análise e interpretação dos dados da pesquisa mediante um projeto de pesquisa para a elaboração de uma monografia (DE OLIVEIRA e VALENÇA, 2013).

Aqui neste tópico, serão abordados todos estes os conceitos sob a extensão do projeto do Dispenser Automatizado.

3.1. METODOLOGIA DE PROJETO

As tarefas a serem realizadas no projeto são apresentadas nos tópicos abaixo, básicos para qualquer projeto no domínio da Engenharia Mecatrônica, com as missões de cada uma, e o tempo estimado para sua realização:

3.1.1. Formulação do problema e dos objetivos

A compreensão precisa e concisa do problema, de sua importância, e as razões que levaram ao desenvolvimento do modelo. Esta etapa já foi realizada durante a primeira reunião com o parceiro no dia 04 de novembro de 2016 e desenvolvimento do Estado da Arte, que levou ao estudo de situações similares ao problema apresentado e a magnitude e efeitos de sua solução.

3.1.2. Levantamento de requisitos

Deve-se entender profundamente as operações realizadas no sistema estudado. Isso envolve estudo de campo, com observações das tarefas, desde o pedido dos fios, até a devolução dos fios excedentes. Serão identificados de maneira superficial quais serão os componentes necessários. As perguntas que cumprem esses requisitos e devem ser respondidas em um primeiro momento desta etapa são:

- Hoje em dia, como funciona o fluxo de informação para a coleta dos fios, e quem realiza esse procedimento?
- Existem fios perdidos durante este processo? Ou seja, fios que vão para as salas de cirurgia, não são utilizados, mas não retornam ao estoque?
- Existe algum tipo de controle de estoque para controle das quantidades e tipos de fios existentes?
- Qual é atualmente o espaço utilizado para armazenar os fios?

Além disso, cada variável de entrada do sistema deverá ser examinada, assim como a distribuição de valores que elas assumem. Surgem, portanto algumas questões adicionais:

- Quantos tipos de fios são utilizados por dia/semana/mês e em que quantidade?
- Como é a distribuição de fios por cirurgia, e cirurgias por período de tempo?
- Como é a distribuição de fios que não são utilizados e retornam ao estoque?
- Existe algum tipo de controle/distribuição de correlatas de fios que foram realizadas de maneira incorreta? Seria possível realizar este estudo?
- Existe algum tipo de análise do tempo gasto para a realização das tarefas de coleta e armazenagem dos fios? Se não, seria possível realizar um estudo neste âmbito?
- Qual o custo que o processo tem hoje em dia (levando em conta tempo gasto e massa salarial)?

3.1.3. Proposta de alternativas

Na forma de *brainstorming*, serão levantadas diversas propostas de alternativas para a solução de mecanismo do dispenser automatizado para fios cirúrgicos. Nesta etapa não existe “solução ruim”. O objetivo é encontrar o maior número de alternativas possíveis para serem analisadas e avaliadas posteriormente.

3.1.4. Seleção de alternativas

A partir das alternativas levantadas na etapa anterior, faz-se uma análise de cada uma, discutindo sua viabilidade, pontos positivos e pontos negativos. Assim, ao final desta etapa, que pode ser realizada na presença do parceiro (para que ele possa expressar sua opinião), pretende-se chegar em uma solução definitiva que será implementada. Esta solução pode ser resultado da combinação de diversas alternativas apresentadas na etapa 3.

3.1.5. Projeto básico (mecânico e software)

Aqui desenvolve-se a concepção básica dos sistemas mecânicos e funcionalidades do software que serão posteriormente implementados. Decide-se a arquitetura que será utilizada, levantam-se as principais operações que serão realizadas pela máquina, que representarão de maneira geral e simplificada o que será efetuado, e decide-se quais serão os componentes que serão utilizados (componentes físicos de forma geral, softwares e linguagem computacional). É interessante que ao fim desta etapa haja uma nova reunião com os parceiros para que eles concedam o aval para avançar para a etapa seguinte. Deve-se obter “um sistema produtivo tão rígido quanto seja possível e tão flexível quanto seja necessário.” (Masip).

3.1.6. Projeto detalhado (mecânico, elétrico e software)

Nesta etapa desenvolve-se de fato o sistema do dispenser automatizado. Ela será subdividida em quatro momentos:

- Concepção
- Verificação
- Validação
- Avaliação

Inicialmente, realiza-se a construção de todos diagramas em nível físico, concepção e desenho detalhado do sistema mecânico, interação entre dispositivos de controle e

objetos de controle (sistemas elétricos/eletrônicos), e códigos computacionais dos softwares que formarão a IHM. Deve-se estudar todos os casos de uso à serem implementados e quem serão os usuários de cada um deles, assim como as tabelas que estarão presentes no banco de dados de armazenamento dos fios e seus respectivos códigos.

Em seguida, realiza-se uma verificação do que foi feito, assegurando que o sistema desenvolvido executa exatamente aquilo que era previsto inicialmente. É basicamente a etapa de “debugar” o processo (analisar a execução de um programa em busca de eventuais erros).

Antes de efetivamente iniciar a construção do dispenser automatizado, deve-se assegurar que ele aproxima de maneira fidedigna o que acontece na realidade. A etapa de validação envolve utilizar os dados coletados do sistema real e suas distribuições de entrada (durante a etapa 2) para ter certeza que o dispenser trará benefícios ao cliente, tanto em termos de tempo quanto em facilidade de utilização.

Concluído este processo, apresenta-se essa versão inicial para uma primeira avaliação do cliente de suas funcionalidades. Caso haja a necessidade de fazer alterações retorna-se ao início da etapa 5.

3.1.7. Implementação

Após a concepção, verificação, validação e avaliação do sistema, já haverá um projeto de dispenser automatizado para fios cirúrgicos que conceda as respostas necessárias de maneira eficiente. Bastará assim construir um protótipo funcional. Esta etapa será assim dividida em três fases:

- Implementação do Hardware Mecânico
- Implementação do Hardware Elétrico/Eletrônico
- Implementação do Software

É importante ressaltar que os componentes físicos essenciais necessários para esta etapa foram decididos já na etapa 5, e devem ser pedidos na conclusão da mesma, para evitar atrasos de entrega. Este primeiro protótipo deve ser funcional, e não necessariamente “bonito”. Tendo a validação do parceiro e do professor tutor do

projeto, encomenda-se as peças para a construção da máquina em tamanho real e prossegue-se para a próxima etapa.

3.1.8. Integração e testes

Concluído o projeto do sistema e a funcionalidade do protótipo, constrói-se e implementa-se o produto final. Nesta etapa serão realizados testes com a equipe do hospital para verificar se tudo está funcionando corretamente e se existem pequenas correções que podem ser feitas para que o sistema se adeque da melhor maneira possível às necessidades do parceiro.

3.1.9. Documentação

A documentação final é uma das partes mais importantes do processo. Ela deve conter informações detalhadas do sistema (desenvolvidas na etapa 6) e de sua implementação, contendo as técnicas que foram desenvolvidas e a estrutura e dinâmica dos componentes. Esta etapa acontecerá simultaneamente com todas as outras, resultando em um relatório intermediário para cada etapa.

1.1. PROPOSTA DE ALTERNATIVAS

Para se determinar as possíveis soluções foi feito um brainstorming ao redor de todas as questões levantadas na introdução desta monografia, no qual decidiu-se os dois principais fatores a serem considerados na escolha do mecanismo: a forma de estocagem dos fios e o mecanismo de captura dos fios. Para a forma de estocagem existem duas possibilidades: fios estocados em pilha (um em cima do outro) ou em fila (um atrás do outro). Para os fios estocados em pilha, a forma de captura pode ser por um mecanismo de esteira (puxa o fio de baixo), por um mecanismo de pá (empurra o fio de baixo), por um mecanismo em espiral (assim como uma vending machine, porém na vertical), por um mecanismo de ventosa (sistema hidráulico por sucção que puxaria o fio de cima da pilha), ou por um mecanismo de pinça (capturaria o fio de baixo da pilha). Para os fios estocados em fila, o mecanismo poderia ser em espiral (da mesma forma que uma vending machine), ventosa (puxando o fio da frente da

fila), ou pinça (capturando o fio da frente). Esse processo pode ser resumido na figura abaixo, onde encontram-se as oito possíveis soluções imaginadas:

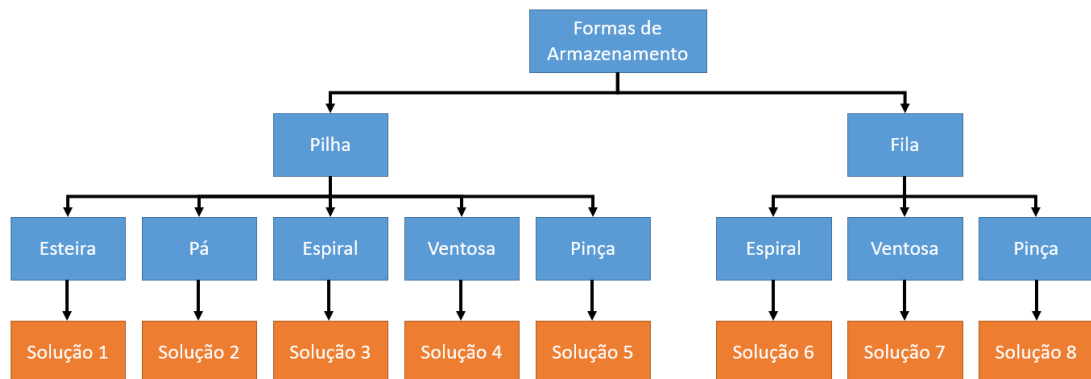


Figura 5 – Alternativas levantadas

Na etapa seguinte essas soluções serão avaliadas na forma de matriz de decisão a partir de critérios específicos do problema. A numeração das soluções seguirá o padrão estabelecido na imagem acima.

1.2. SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS

As soluções levantadas e numeradas na etapa anterior serão avaliadas na forma de uma matriz de decisão que levará em conta alguns critérios de relevância específica para o projeto realizado, alguns deles levantados pelo próprio cliente final (Hospital Israelita Albert Einstein).

A matriz de decisão é uma ferramenta que permite tratar de forma rápida e coerente as soluções levantadas. Ela permite diminuir o fator de subjetividade da decisão, na medida que levanta os principais critérios a serem avaliados numa solução aos quais são atribuídos pesos (quanto maior o peso maior a importância) de acordo com a necessidade do cliente. Em seguida, cada solução recebe uma nota em cada um dos critérios, construindo-se uma nota final para cada uma delas. A solução com a nota mais alta será a selecionada.

No caso do dispenser automatizado para fios cirúrgicos, os critérios selecionados foram:

- Tempo para Retirada - Peso 10

É o fator mais importante para o cliente por isso recebe o maior peso.

- Tempo para Devolução - Peso 3

É um fator a ser considerado, mas que fica em segundo plano quando comparado com os outros. Como o próprio cliente ressaltou, no caso de um pedido de retirada de fios, a atividade de armazenamento deve ser suspensa momentaneamente.

- Segurança - Peso 5

As máquinas serão avaliadas no quesito segurança, não podendo trazer qualquer risco para o usuário. Como o mecanismo tem que ser o mais simples possível e não manipulará cargas pesadas nem perigosas este quesito recebeu peso 5.

- Custo - Peso 8

A ideia do projeto é justamente conseguir construir um dispositivo barato e eficiente. O cliente não pretende gastar muito, e visa talvez a instalação de uma máquina por SO. Por este motivo, o custo do projeto receberá um peso elevado.

- Tempo de Construção/Instalação - Peso 7

Como o cliente está desenvolvendo um novo centro cirúrgico, no qual pretende instalar o dispenser, o seu tempo de construção deve ser o mais curto possível. Além disso, a possível necessidade de vários exemplares faz com que o tempo de instalação também deva ser curto. O peso atribuído a este critério foi 7.

- Durabilidade - Peso 4

Um fator a ser considerado é o tempo de duração da solução escolhida. É melhor que seja o mais durável possível, mas tendo em vista o baixo custo, a necessidade de troca do equipamento não acarreta em um problema de grande dimensão.

- Espaço Ocupado - Peso 5

Como o cliente destacou, o espaço ocupado não sofre nenhuma restrição, mas é necessário bom senso. O dispenser será instalado ou no corredor do centro cirúrgico ou nas SOs, e não deve atrapalhar as operações dos médicos.

- Adaptabilidade - Peso 6

Como o número de fios cirúrgicos utilizados pode variar com o tempo, e o local de instalação também pode mudar (pode ser na SO, corredor ou numa sala intermediária de quatro SOs) a solução deve ser escalável e de fácil adaptabilidade para um novo espaço. Considerou-se este critério com peso 6.

- Consumo de Energia - Peso 2

O consumo de energia deve ser levado em conta, mas também não é um fator essencial. Este não deve passar de limites aceitáveis pelo cliente, mas não existe nenhuma limitação neste quesito.

Os critérios e os respectivos pesos são resumidos na figura abaixo:

Tabela 1 - Critérios de avaliação das soluções

	Critério	Peso
Critério 1	Tempo para Retirada	10
Critério 2	Tempo para Devolução	3
Critério 3	Segurança	5
Critério 4	Custo	8
Critério 5	Tempo de Construção/Instalação	7
Critério 6	Durabilidade	4
Critério 7	Espaço Ocupado	5
Critério 8	Adaptabilidade	6
Critério 9	Consumo de Energia	2
	Total	50

Após conversa com o professor orientador do projeto, Marcos Ribeiro Pereira Barreto, uma análise de cada solução foi realizada, e de forma um pouco mais subjetiva atribuíram-se notas em cada critério para cada solução baseando-se em suas experiências e opiniões. Por exemplo, as soluções via esteira, pá e espiral tem a necessidade de um mecanismo por pilha/fila, acarretando em notas mais baixas nos quesitos custo, tempo de construção, espaço ocupado e adaptabilidade. Entretanto são soluções com notas privilegiadas em tempo para retirada. A devolução nesses casos deve ser feita sempre no final da pilha/fila, e o mecanismo utilizado (seja a esteira, pá ou espiral) não auxiliam nesse processo, de forma diferente de uma pinça ou ventosa, que pode ser utilizada para reinserir um fio devolvido na posição correta.

As notas utilizadas vão de 1 a 5, onde 5 é o melhor resultado. Os resultados são encontrados abaixo, assim como a nota final (de 0 a 10) ponderada pelo peso dos critérios:

Tabela 2 – Matriz de decisão para as soluções

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Critério 6	Critério 7	Critério 8	Critério 9	Final Ponderado
Solução 1	5	3	5	2	2	3	3	2	2	6,3
Solução 2	5	3	5	2	2	3	3	2	2	6,3
Solução 3	4	2	5	2	2	3	2	2	2	5,6
Solução 4	3	4	5	4	4	5	4	5	5	8,3
Solução 5	2	4	5	4	2	4	4	3	4	6,6
Solução 6	4	2	5	2	2	3	2	2	2	5,6
Solução 7	3	4	5	4	4	5	3	4	5	7,8
Solução 8	2	4	5	4	2	4	4	3	4	6,6

Desta forma, a solução escolhida foi a solução 4 (com nota final 8,3 de 10), ou seja, a utilização de um sistema pneumático que envolve uma ventosa para apanhar os envelopes armazenados em forma de pilha. A metodologia utilizada para essa decisão, apesar de possuir alguns aspectos subjetivos para atribuir notas, permite uma ótima visão do conjunto de soluções e como elas respondem aos diferentes critérios impostos antes do início do desenvolvimento do projeto. Este passo é marcante para a continuação da monografia, já que se realiza a primeira tomada de decisão, processo que se repetirá diversas vezes para outras etapas, como para a escolha de controladores, linguagens de programação, entre outros.

4. PROJETO BÁSICO (MECÂNICO E SOFTWARE)

Neste capítulo será desenvolvida a concepção básica dos sistemas mecânicos, elétricos e funcionalidades do software que serão posteriormente implementados. Este projeto vem do que foi decidido na etapa anterior, e foi apresentado ao cliente para a viabilização e confirmação da construção de um protótipo.

Como apresentado por DE OLIVEIRA (2009), o projeto básico é uma peça fundamental do projeto de engenharia, possibilitando um entendimento parte dos interessados, que envolve a apresentação da solução escolhida, suas características, dimensões, especificações, e as quantidades de serviços e de materiais necessários para sua, de forma a evitar alterações e adequações. Extraído da IBRAOP (2017), temos a definição de Projeto Básico para o Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas, estendendo-se a este caso:

[...] “ É o conjunto de desenhos, memoriais descritivos, especificações técnicas, orçamento, cronograma e demais elementos técnicos necessários e suficientes à precisa caracterização da obra a ser executado ”

Decidimos por manter neste tópico o projeto idealizado inicialmente, tratando-se de um projeto simples para a aprovação pelo hospital. O projeto básico detalhado será abordado posteriormente.

4.1. PROJETO MECÂNICO INICIAL

Em primeira instancia, elabora-se um projeto simples para a validação do cliente e maior entendimento do mecanismo a ser desenvolvido.

Externamente, o dispositivo apresentará um monitor LCD para interação com o usuário, diversas gavetas dispostas em 5 ou 6 níveis espaçados em alguns centímetros (em torno de 20 gavetas por nível). As gavetas ficarão travadas via solenoide e só estarão disponíveis para abertura no momento do abastecimento do dispositivo no qual a gaveta correspondente ao fio desejado será liberada. Além das gavetas que armazenam os fios, existirão duas gavetas extras: uma para retirada e uma para devolução de fios.

Os fios inseridos na gaveta de devolução serão escaneados pelo usuário, gerando as entradas de dados dos fios que foram retirados ou retornaram à máquina. Os fios

entrarão por uma gaveta destinada unicamente a esse fim. O mecanismo interno será baseado em duas estruturas verticais paralelas que sustentam uma base horizontal que poderá se mover para cima e para baixo a partir de um sistema de polias e correias. Sobre esta base horizontal haverá uma espécie de veículo que se movimenta sobre um trilho, também conduzido por um sistema de polias e correias. Sobre este veículo haverá um braço com uma ventosa na ponta, podendo ser rotacionado por um motor que também se encontra sobre o veículo.

Para a retirada de um fio, a base horizontal será movimentada até que ela se encontra no nível da gaveta do fio solicitado. Neste momento o veículo sobre a base se movimentará e o braço com a ventosa rotacionará até que a ventosa se encontre sobre o fio desejado (é necessário que haja um espaçamento entre os níveis de gaveta para haver espaço para o movimento de retirada dos fios via ventosa). Haverá um pequeno ajuste na posição vertical do sistema para que a ventosa toque o fio e realize a sucção. O movimento oposto será realizado, de forma que a ventosa com o fio se encontre sobre a gaveta de retirada, soltando assim o fio. Para a devolução o processo será exatamente o oposto, entretanto a partir da gaveta de devolução. A figura abaixo retrata o processo:

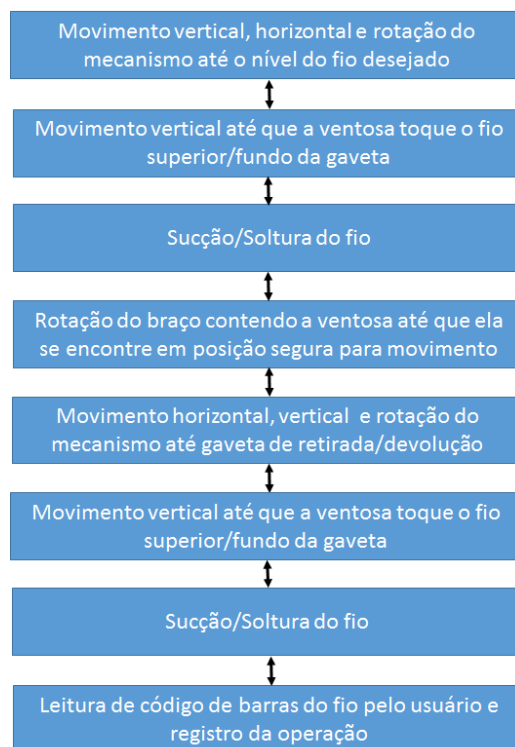


Figura 6 - Resumo das etapas da operação da máquina

Uma primeira versão do mecanismo em 3D foi feita a partir do software Autodesk Inventor para a avaliação e compreensão do cliente. Os resultados dessa primeira versão seguem a seguir. O cliente aprovou a ideia em reunião realizada dia 24 de março de 2017 no Hospital Israelita Albert Einstein, e, portanto, esta solução será levada adiante nas próximas etapas do projeto.

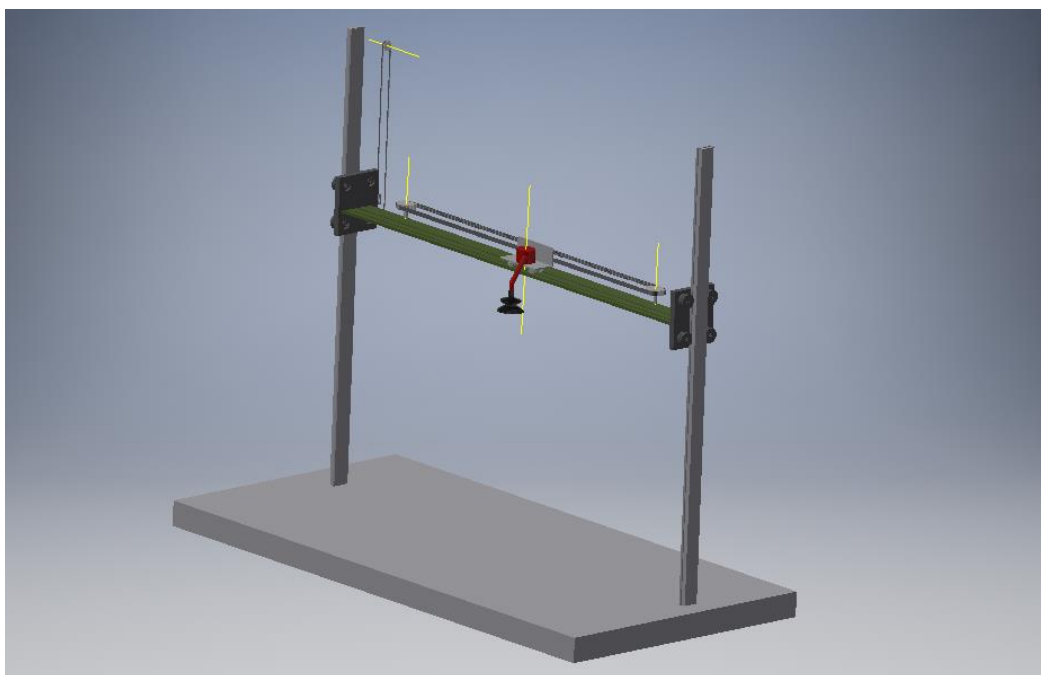


Figura 7 - Primeira versão da solução escolhida

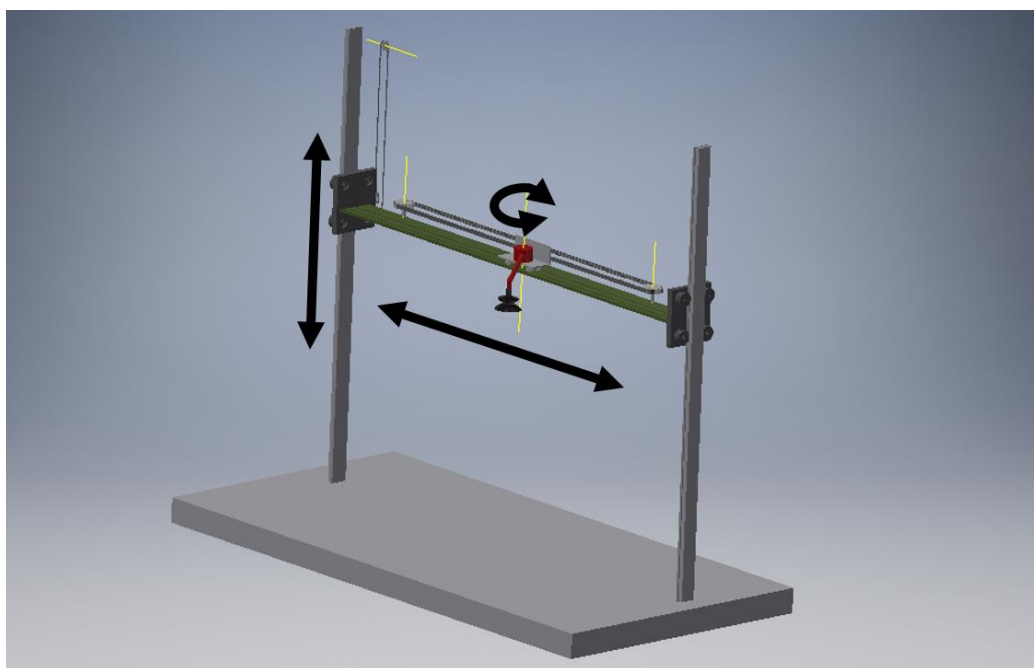


Figura 8 - Graus de liberdade da primeira versão da solução escolhida

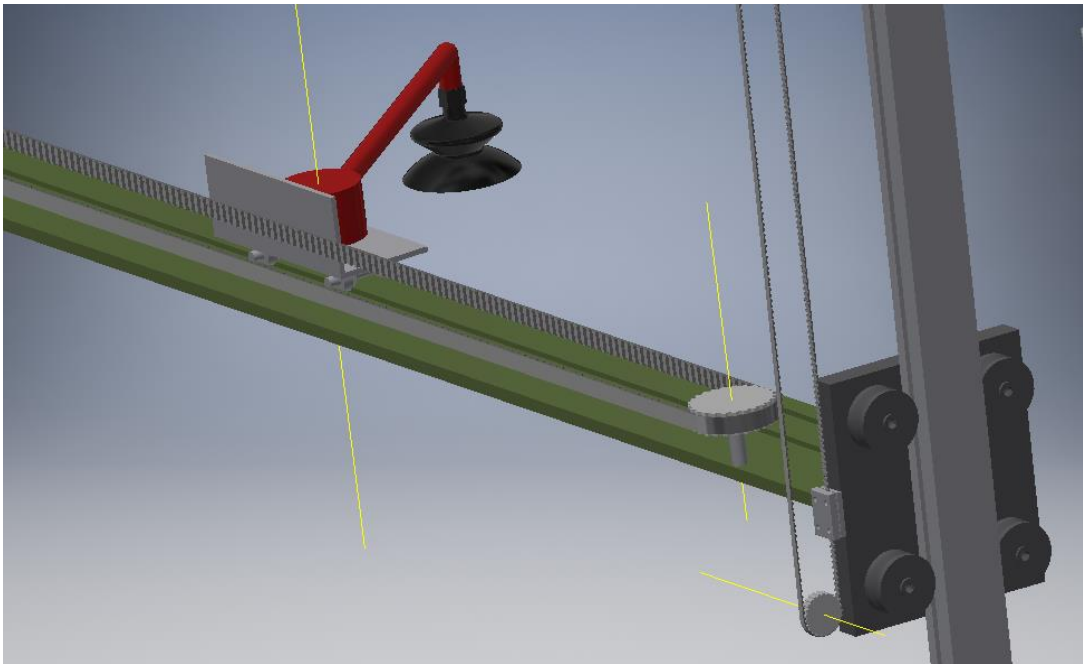


Figura 9 - Foco no mecanismo da primeira versão da solução escolhida

4.2. SOFTWARE

Após compreender o fluxo e conversar com o médico responsável pelo projeto, traçou-se uma visão inicial de como será realizada a interação usuário máquina, que dará origem ao sistema de informação do projeto e será validado com o cliente antes de seu desenvolvimento no projeto detalhado. O dispenser apresentará uma tela LCD na qual toda interação será realizada. Todo usuário deverá fazer o login no sistema, através de seu código de verificação no hospital e uma senha cadastrada. Desta forma toda operação realizada estará associada à um funcionário.

O primeiro tipo de usuário será o administrador, que terá acesso as opções de criar novos usuários (cadastrar uma senha para um determinado código de verificação no hospital) e recuperar senhas perdidas.

O segundo tipo de usuário será dedicado aos médicos, enfermeiros, circulantes e todos que utilizarão as funcionalidades do dispenser. Após realizar o login ele terá duas opções: retirar fios ou depositar fios.

- Retirar Fios

O usuário poderá escolher pela retirada por paciente - na qual inserirá alguma informação do paciente (nome, CPF ou algum código específico do paciente

cadastrado), e a própria máquina a partir de uma base de dados indicará os fios sugeridos para essa cirurgia, bastando ao usuário inserir a quantidade desejada de cada e finalizar o pedido – ou por fio – na qual inserirá o nome/código do fio que deseja e a quantidade necessária.

- Devolver Fios

Após escolher essa opção o usuário escaneará todos os fios que deseja devolver, finalizará a operação e os inserirá na gaveta de depósito na ordem que foram escaneados.

O terceiro tipo de usuário será para um técnico/gestor do processo. Este usuário poderá abastecer a máquina, cadastrar novos fios e novas cirurgias, editar fios e cirurgias existentes e verificar os estoques.

- Abastecer

Ao selecionar esta opção, o usuário deverá indicar com qual tipo de fio e abastecerá a máquina. Os fios ficarão armazenados em pequenas gavetas. Neste momento, a gaveta relativa ao fio indicado será liberada e indicada por um LED verde. O usuário deverá apenas inserir a quantidade de fios estocados e coloca-los na gaveta liberada.

- Cadastrar Fio

Com esta opção o usuário poderá atribuir uma determinada gaveta à um determinado fio. Ele inserirá um nome para o tipo de fio e o número relativo ao diâmetro (1-0 por exemplo), seu estoque de segurança e a gaveta em que o fio será cadastrado. Haverá um estoque de segurança cadastrado para cada classe de fios (para cada tipo e tamanho) e se o estoque real for inferior a este estoque de segurança a máquina enviará uma mensagem automática para a farmácia satélite requerendo o seu reabastecimento. Se não houver nenhuma gaveta disponível o usuário deverá editar os parâmetros já existentes.

- Cadastrar Cirurgia

A opção de cadastrar uma cirurgia idealmente não será feita na máquina, e será extraída do sistema interno do hospital. Entretanto, caso haja qualquer falha de comunicação com o sistema ou caso seja necessário fazer um cadastro de imediato,

o usuário terá esta opção diretamente na interface. O objetivo é criar uma entrada no banco de dados informando o código de um paciente, seu nome, sua cirurgia e quais fios são sugeridos para utilização durante a operação.

- Editar Fio

A função de editar fio é semelhante à de cadastrar fio, entretanto ao invés de gerar uma nova entrada, ela edita a entrada existente de uma gaveta (tipo de fio, tamanho e estoque de segurança)

- Editar Cirurgia

Semelhante a opção de cadastrar cirurgia, mas apenas para realizar uma modificação em alguma cirurgia já existente.

- Verificar Estoques

Ao selecionar esta opção o usuário poderá consultar a quantidade de cada fio presente na máquina e ter uma noção dos fios em maior e menor quantidade.

Estes conceitos também foram apresentados ao cliente no dia 24 de março de 2017, juntamente com o projeto mecânico. Mais uma vez foi frisada a maior importância da retirada de fios em comparação com a devolução. Além disso, reforçou-se que a opção de retirada do fio por paciente seria realmente muito interessante para o processo, facilitaria as atividades e evitaria qualquer tipo de erro humano.

A partir deste momento, como o cliente não se mostrou contrário à ideia do mecanismo e concordou com as opções levantadas no projeto básico do software, é possível prosseguir para a concepção de um projeto mecânico detalhado, com todas as peças necessárias assim como estudos de estrutura. Além disso, pode-se traçar os diagramas necessários para o projeto, desenhar as telas da interface homem-máquina e desenvolver os casos de uso do usuário na forma de pseudocódigo, possibilitando também o desenvolvimento do projeto eletrônico do sistema. Tais elementos serão realizados na etapa de projeto detalhado apresentada a seguir.

5. PROJETO DETALHADO (MECÂNICO, ELÉTRICO E SOFTWARE)

A etapa que segue parte das especificações e ideias do projeto básico, incorpora melhorias de acordo com aquilo que foi conversado com o cliente, e da origem à um conjunto de documentos, como diagramas e tabelas com os detalhes dos componentes e de suas interligações. Inicialmente será apresentado o projeto mecânico do protótipo, seguido da explicação do software desenvolvido, concluindo-se com os circuitos elétricos utilizados.

5.1. CONCEPÇÃO

5.1.1. Mecânico

Após a concepção do projeto básico, iniciou-se o processo de detalhamento do mecanismo e desenvolvimento/construção de um protótipo. Para isso, foi utilizado o conhecimento adquirido na disciplina “Projeto de Máquinas” e também foram realizadas reuniões com o Professor Doutor Gilberto Francisco Martha de Souza, coordenador da disciplina e especializado em confiabilidade de sistemas eletromecânicos.

Inicialmente, foi discutido na reunião a possibilidade de implementar uma máquina com o funcionamento similar ao de uma fresadora CNC já projetada e construída anteriormente, coordenada pelo mesmo professor Gilberto. Esse mecanismo consiste de dois fusos laminados tipo parafuso apoiados em 2 mancais lineares, verticais, que movimentarão um veículo guiado pelo trilho graças à um motor de passo (em apenas um dos lados) que dará o movimento de rotação ao fuso, responsável por transformar este movimento na translação vertical do veículo.

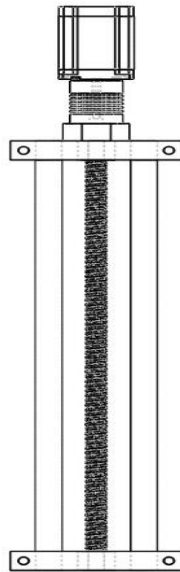


Figura 10 - Guia vertical fresadora CNC

Para o movimento horizontal, troca-se o uso do tipo parafuso por um fuso linear tipo guia. A transmissão também sofre alteração, usa-se então uma correia dentada (“impressora”). Desta forma o movimento apresentará muito mais precisão e sustentará uma carga muito mais elevada, aumentando a resistência e durabilidade do sistema.

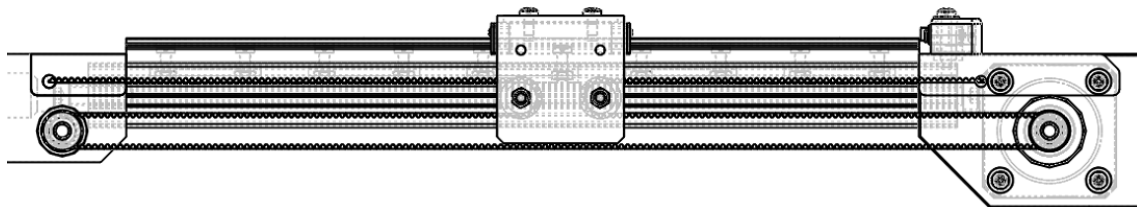


Figura 11 - Guia horizontal fresadora CNC

Também foram levantadas outras possibilidades, como um mecanismo inspirado em uma impressora 3D, que tem o funcionamento e mecanismo similar à da fresadora CNC.

No entanto, foi constatado que estes mecanismos apresentam uma precisão extremamente elevada, porém uma velocidade de operação reduzida devido a utilização do fuso parafusado. Então, levando em conta o critério principal de desenvolvimento do projeto (velocidade de retirada dos fios), foi decidido que o novo projeto teria inspiração em um mecanismo de corte à laser, visto que tem seu funcionamento correspondente à solução determinada e que pode operar em maior velocidade.

Foi feita a análise de produtos no mercado, visando um mecanismo de dois graus de liberdade, que se movimenta através de um sistema de transmissão por correia dentada e motor de passo. A guia linear que se move, tem suas extremidades fixadas em duas plataformas, apoiadas em quatro barras verticais com rolamentos em suas extremidades para se deslocar sobre um eixo fixo. As figuras abaixo ilustram a descrição.

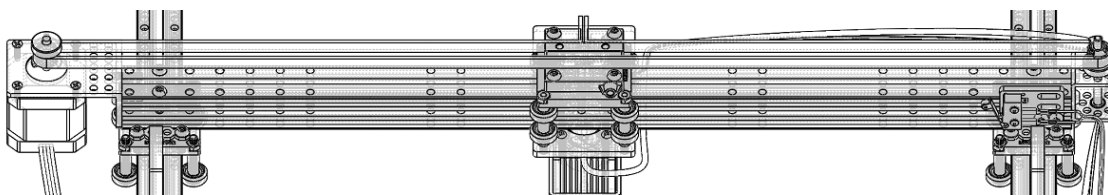


Figura 12 - Guia horizontal com movimento por correia dentada

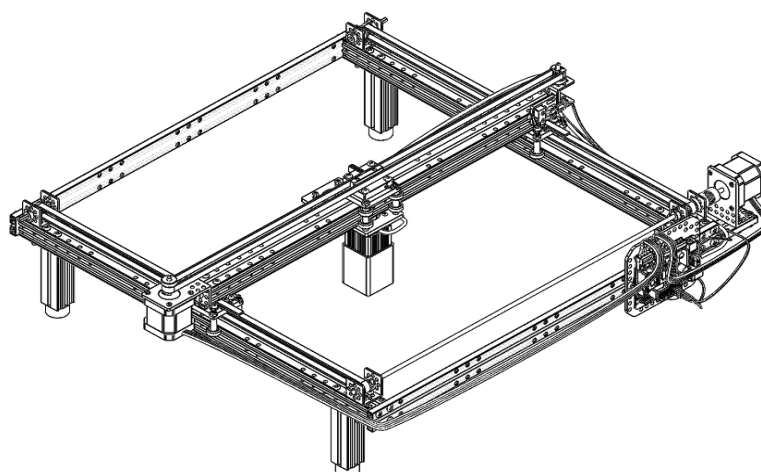


Figura 13 - Vista isométrica do modelo comercial estudado

A partir daí, deu-se início à concepção do projeto final. Para o sistema de sucção, projeta-se um braço no lugar do laser, com uma ventosa em sua extremidade. Este terá o movimento de rotação graças a um servo motor de 90 graus, permitindo que a ventosa seja posicionada sobre a pilha de embalagens (no espaço entre os andares de tipos de fios explicado anteriormente), e ativada mediante a um pequeno ajuste na posição vertical do mecanismo, controlado por um sensor de distância, e um sensor de contato, responsável por garantir com que a ventosa toque o objeto a ser sugado. A sucção é acionada via motor elétrico contendo uma bomba de ar (análogo ao funcionamento de um motor de aquário), e travada por uma válvula, assim podendo desativar o motor e transportar o envelope até a gaveta.

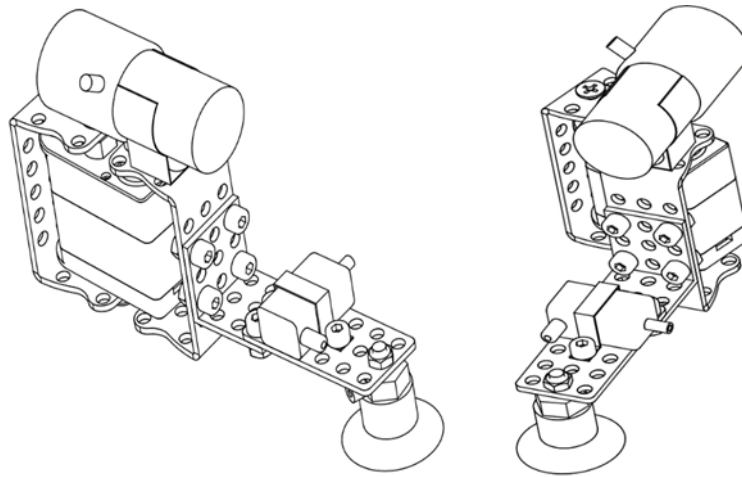


Figura 14 - Mecanismo de sucção

O mecanismo descrito será posicionado dentro de uma estrutura fechada. Na face frontal da estrutura (em contato direto com o usuário) existirão pequenas gavetas (de dimensões aproximadas de 5cm x 15cm x 15cm), sendo uma para cada tipo de fio, uma para a retirada e uma para a devolução. Essas gavetas encontram-se travadas para abertura por meio de solenoides, até que sejam liberadas para uso no momento conveniente. Os cálculos da frequência natural deste mecanismo encontram-se no Anexo A. O valor encontrado foi de 20,3 Hz. A princípio este valor é um pouco baixo, entretanto a modelagem realizada não considera que existem dois eixos horizontais, o que aumenta expressivamente o valor da frequência natural calculado, já que o impacto do aumento de raio do eixo é de quarta ordem. No caso de uma aproximação transformando os dois eixos em um único eixo, com a área seção vertical sendo a soma dos dois existentes (aumenta-se o raio de forma que a área da seção vertical seja duas vezes a inicial, passando de 4mm para 5,7mm), a frequência passaria a ser aproximadamente 40,7 Hz, um valor aceitável para as necessidades do projeto em questão e que será considerado daqui por diante.

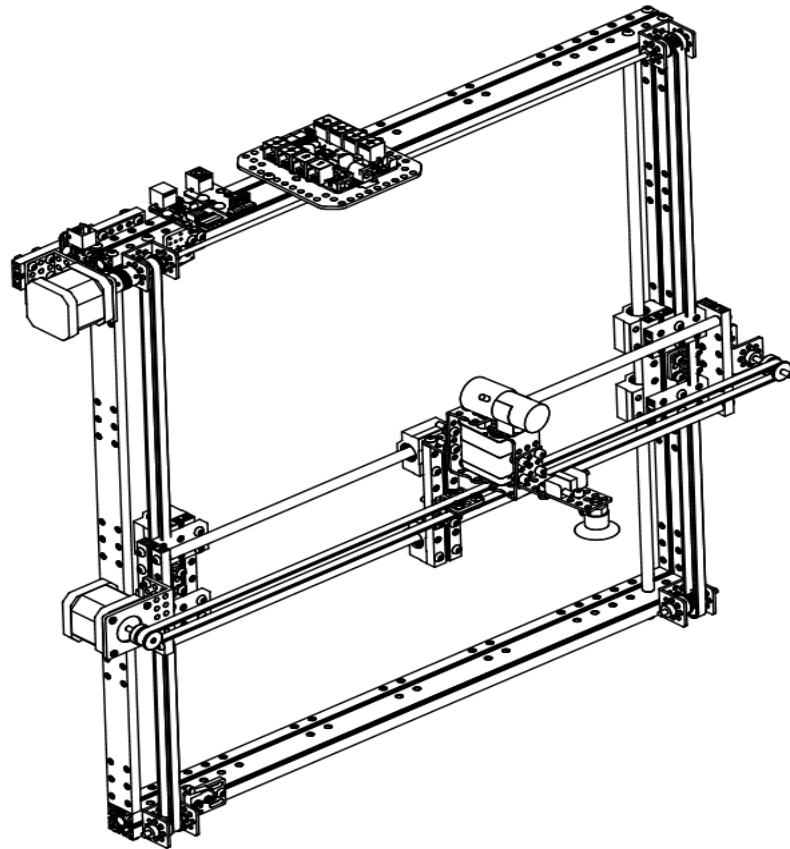


Figura 15 - Mecanismo final

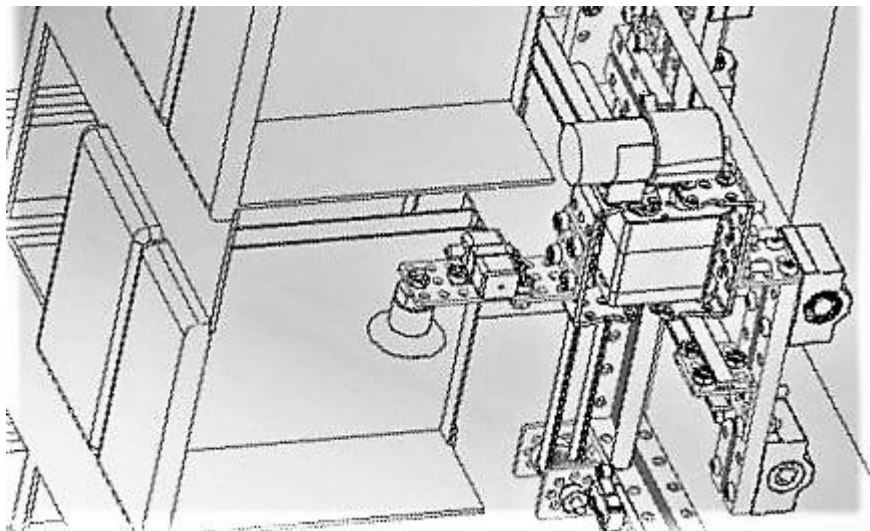


Figura 16 - Corte de acesso à gaveta

A lista de peças e os desenhos detalhados do mecanismo encontram-se no Anexo B e no Anexo C, respectivamente. A tabela a seguir consolida as especificações técnicas do protótipo.

Tabela 3 - Especificações do mecanismo

Especificações	
Material	Alumínio Anodizado
Dimensões (L×C×H)	700mm × 700mm × 350mm
Dimensões de Trabalho (X×Y×Z)	310mm × 390mm × 100mm
Volume de Trabalho	12090 cm ³
Precisão	0.1mm
Velocidade Máxima de Trabalho	50mm/s
Potência	100-240 V~50/60Hz AC/DC Power adapter, 12V/15.0A
Processador/Controlador	Raspberry Pi 3 Model B
Massa Total	7.0kg
Frequência Natural	40,7 Hz

O usuário interagirá, portanto, com um monitor externo à máquina no qual poderá escolher por opções distintas de operação (detalhadas na seção seguinte) conforme o seu tipo de login.

5.1.2. Controle e Programação

Para o controle, será utilizado o Raspberry PI 3 Model B, com o sistema operacional Raspbian. A partir de um controle via Python e a utilização de uma *BreadBord*, as conexões aos hardwares foram feitas. Tanto para os motores de passo quanto para o motor DC que faz o papel de bomba elétrica e para a válvula solenóide foram utilizados um driver L298N (ponte H) para a correção de tensão, que é apenas de 3.3V no microprocessador. Para a IHM, como já explicado, o desenvolvimento de uma interface gráfica também em linguagem Python estará disponível através de um display de 7".



Figura 17 - Raspberry PI 3 Model B



Figura 18 - Display 7"

A programação do micro controlador foi feita em linguagem *Python*. Pelo fato de ser uma linguagem de alto nível, com possibilidade de orientação à objeto, o desenvolvimento do controle do microprocessador e da interface ficam de simples compreensão. Assim, o controle se torna escalável e facilmente modificável.

5.1.2.1. Projeto de Software

O projeto de software detalhado corresponde ao desenvolvimento do sistema de informação e da interface homem-máquina.

Inicialmente foi desenhado o diagrama de casos de uso para cada um dos usuários explicados no projeto básico. Este diagrama visa documentar o que o sistema faz do ponto de vista de cada um desses usuários, descrevendo as principais funcionalidades do sistema assim como elas se interagem. Tal diagrama pode ser encontrado na figura a seguir:

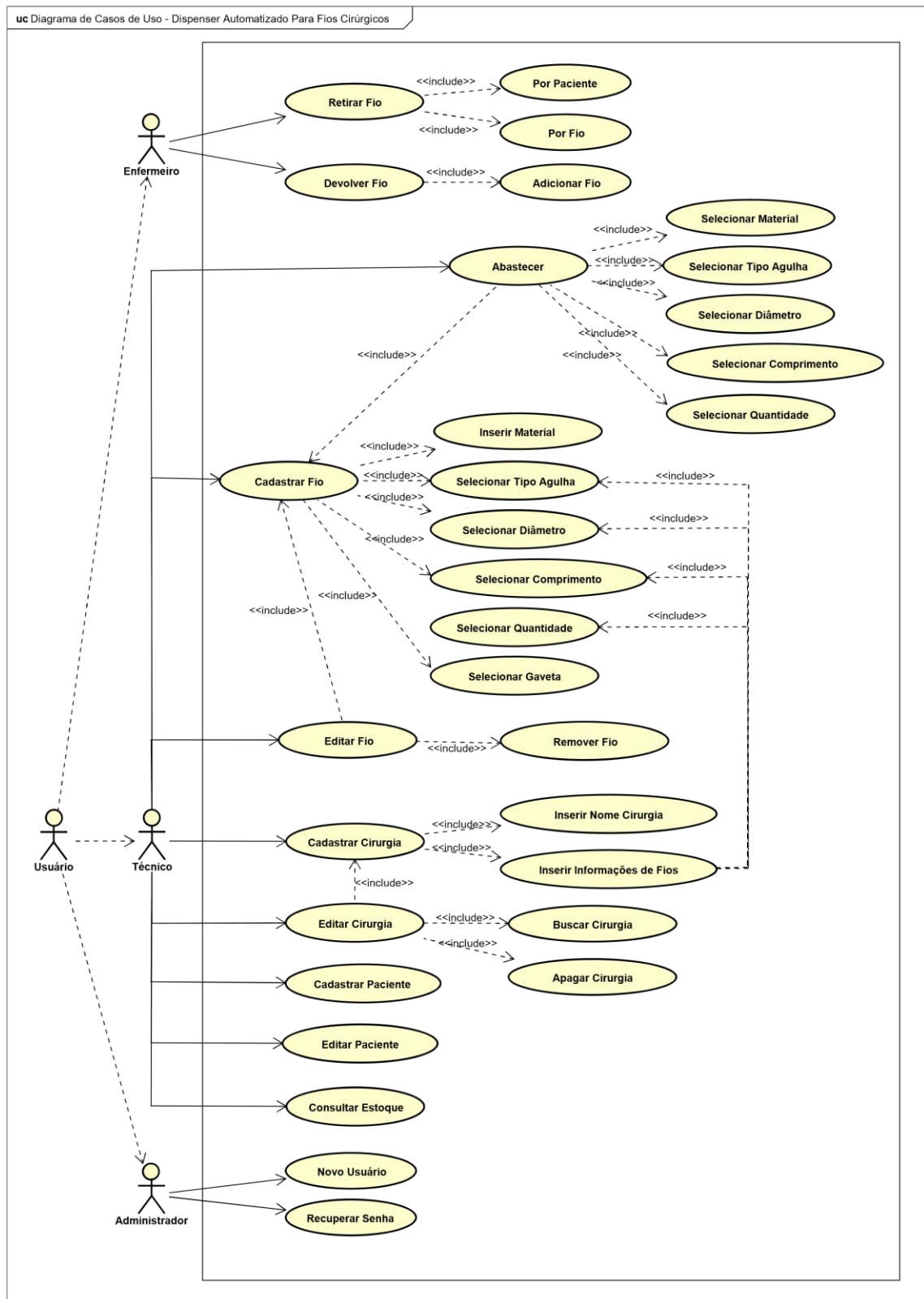


Figura 19 - Diagrama de casos de uso

Foram criados, assim, três tipos diferentes de usuário:

- Enfermeiro, responsável pela retirada de fios e devolução de fios;
- Técnico, responsável pelo abastecimento da máquina, consulta de estoque e cadastros de fios, pacientes e cirurgias;
- Administrador, responsável por cadastrar novos usuários e recuperar senhas esquecidas.

Com o desenvolvimento do diagrama de casos de uso foi possível a percepção da necessidade de desenvolvimento de um banco de dados que armazenasse as informações de fios, pacientes e cirurgias, essencial também para gestão do estoque. O desenvolvimento de tal banco de dados passou por uma nova decisão: qual deveria ser a linguagem de pesquisa para a sua construção. Devido a facilidade de uso e aos conhecimentos prévios obtido ao longo de diversas disciplinas do curso de Engenharia Mecatrônica, optou-se pela construção de um banco de dados SQL (*Structured Query Language*).

A utilização do microprocessador Raspberry Pi limitava a ideia original, já que a instalação de aplicativos que suportassem SQL poderiam fazer com que os tempos de execução ficassem muito longos, indo contra o objetivo principal do sistema. Duas alternativas surgiram. Poder-se-ia aliar um novo processador mais potente ao Raspberry Pi ou a seleção de uma nova forma de construção do banco de dados. Pelo fato da quantidade de dados a serem armazenados não ser tão elevada, decidiu-se utilizar a biblioteca *SQLite*, que lê e escreve diretamente em um arquivo armazenado no disco, e possui todos os comandos de SQL embutidos para a consulta e escrita de dados nesse arquivo. Essa biblioteca pode ser facilmente utilizada em *Python*, o que conversava perfeitamente com a intenção de desenvolver o sistema de controle nessa linguagem.

Para descrever a estrutura básica do sistema e das tabelas que seriam construídas, utilizou-se a representação por diagrama de classes. Dessa forma, a modelagem das classes, atributos, operações e relações entre objetos fica muito mais intuitiva.

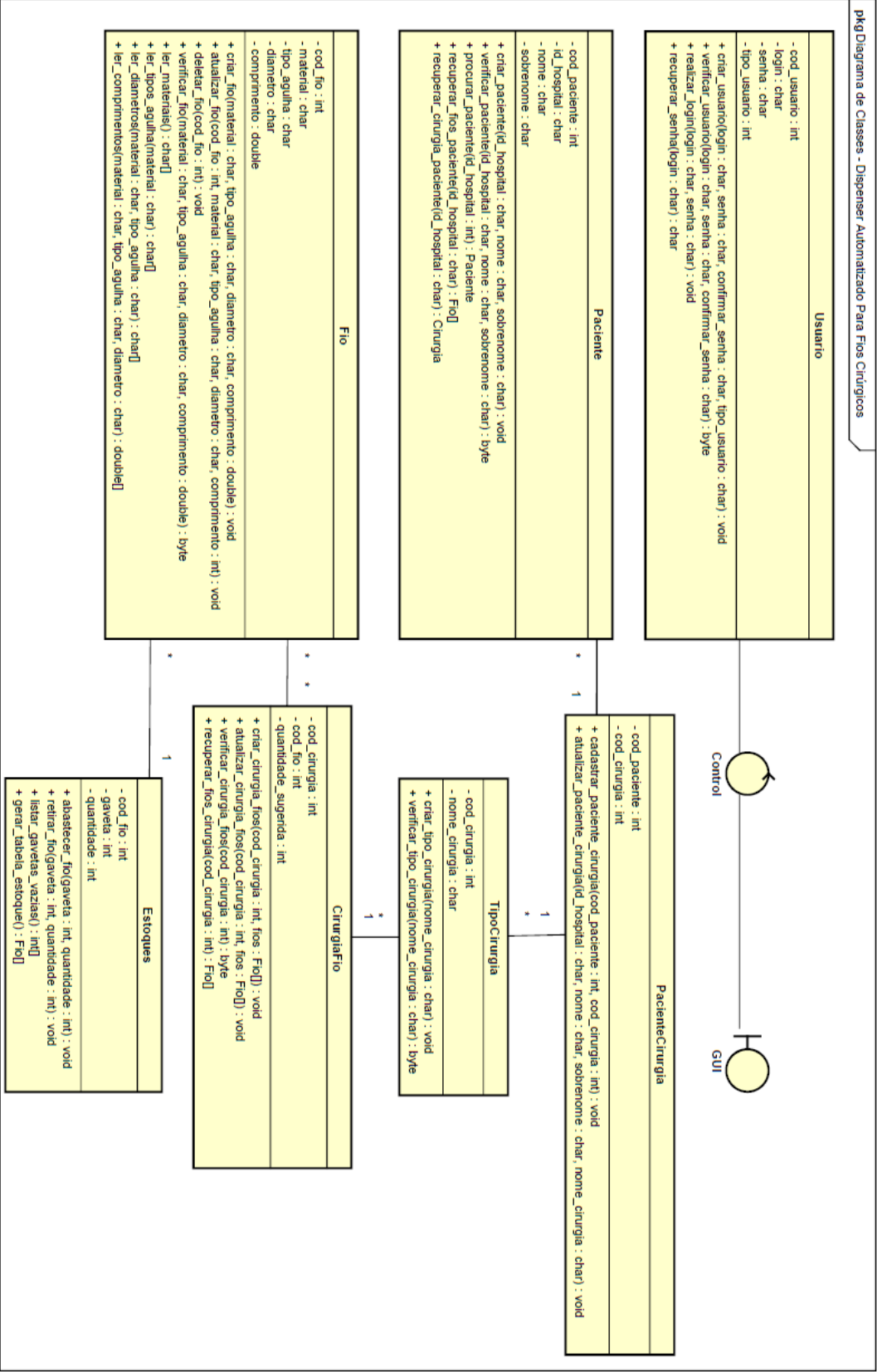


Figura 20 - Diagrama de classes

Tendo em mente os casos de uso e as tabelas (assim como sua interação), desenvolveu-se os diagramas de sequência, responsáveis por representar como os casos de uso dialogam com as classes. Devido à grande quantidade de diagramas, eles encontram-se presentes no Anexo D.

Compreendido quem são os usuários, que funções eles desempenharão e como isso será armazenado, iniciou-se o desenho das telas de interação. Para a implementação dessas telas na IHM, utiliza-se o conceito de interface gráfica do utilizador (do inglês: GUI – *Graphical User Interface*). Esse tipo de interface permite a interação do usuário com dispositivos digitais através de elementos gráficos, como *Widgets*, Caixa de Texto, Botões, Tabelas, entre outros indicadores visuais. Mais uma vez houve a necessidade de fazer uma escolha. Existem diversas formas diferentes de desenvolver uma interface gráfica. Dois protótipos simplificados, de duas formas diferentes, foram construídos e a metodologia utilizada para cada um é detalhada a seguir.

5.1.2.1.1. PyQT

No desenvolvimento desta interface, foi utilizado o framework multiplataforma “Qt”, no qual é possível desenvolver projetos de aplicativos e bibliotecas através de recursos *Drag and Drop* ao invés de ter a necessidade de excessivas alterações no código fonte.

Tem-se como objetivo criar uma interface gráfica utilizando a linguagem de programação *Python* (compatível com o *Raspberry Pi*) para controlar o Dispenser através de um *Display*. Como o Qt utiliza a linguagem C++ como padrão, há a necessidade do uso de bibliotecas de ligação, no caso, utilizou-se o empacotador da linguagem *Python*: “PyQT”.

Para uma maior produtividade, foi adotado o uso do software “QtCreator”, que é definido como um ambiente de desenvolvimento integrado (do inglês: IDE – *Integrated Development Environment*). Este é um programa que reúne ferramentas de apoio ao desenvolvimento de aplicativos. Dentro deste software há o módulo “QtDesigner”, que foi o utilizado para o desenvolvimento das telas de interação.

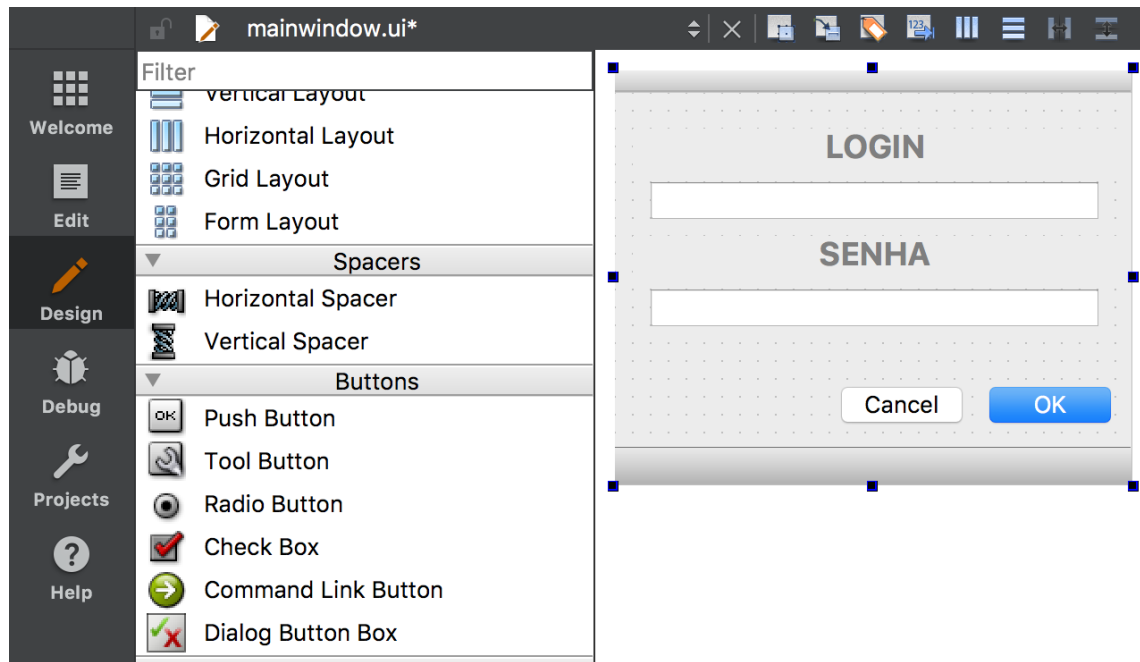


Figura 21 - Captura de tela do Ambiente de Desenvolvimento QtCreator

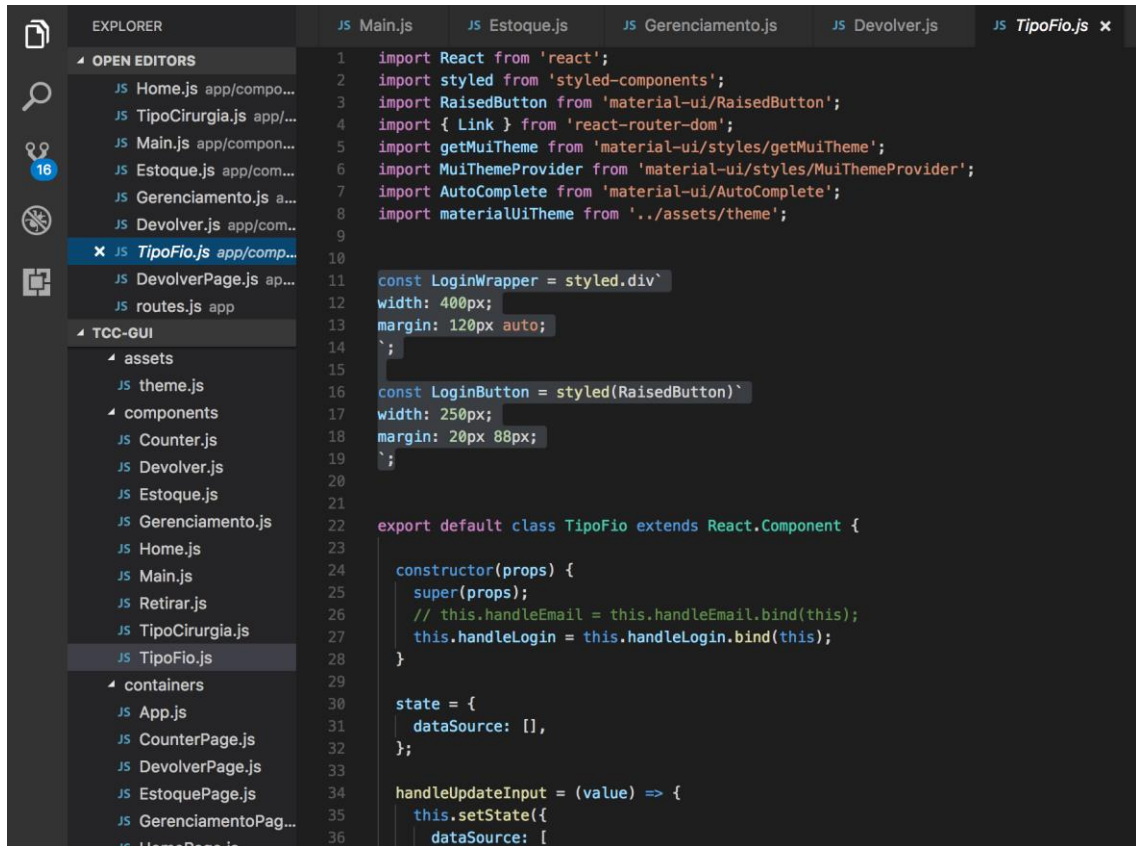
5.1.2.1.2. React + Material UI + Electron

No desenvolvimento desta interface, foi utilizado o React, uma biblioteca JavaScript de código aberto para criar interfaces de usuário. É mantido pelo Facebook, Instagram e uma comunidade de desenvolvedores individuais e outras empresas. Uma tecnologia recente e bastante usada em sites/serviços com boas aceitações e interatividade com seu usuário, como o Netflix, Airbnb, entre outras. A popularidade dessa biblioteca vem de seu nome “React”, ou Reativo traduzido para o português, tratando-se então de uma linguagem reativa, na qual a página se atualiza conforme o usuário realiza interações, o que configura um maior dinamismo e melhor experiência do usuário.

Em conjunto, utiliza-se o Material UI, uma linguagem de design desenvolvida pela Google. O Material Design faz um uso mais liberal de layouts baseados em grids, animações e transições responsivas, preenchimentos, e efeitos de profundidade como luzes e sombras. Foi desenvolvida de modo a fornecer diretrizes para criar interfaces de usuário melhores e mais táteis.

O Electron é um framework desenvolvido para criar aplicativos nativos com tecnologias web, como JavaScript, HTML e CSS. É utilizado em conjunto com o React, de modo a facilitar a criação de um aplicativo para qualquer plataforma.

Por fim, utilizou-se o Visual Studio Code da Microsoft para a edição do código.



```

1  import React from 'react';
2  import styled from 'styled-components';
3  import RaisedButton from 'material-ui/RaisedButton';
4  import { Link } from 'react-router-dom';
5  import getMuiTheme from 'material-ui/styles/getMuiTheme';
6  import MuiThemeProvider from 'material-ui/styles/MuiThemeProvider';
7  import AutoComplete from 'material-ui/AutoComplete';
8  import materialUiTheme from '../assets/theme';
9
10
11  const LoginWrapper = styled.div`
12    width: 400px;
13    margin: 120px auto;
14  `;
15
16  const LoginButton = styled(RaisedButton)`
17    width: 250px;
18    margin: 20px 88px;
19  `;
20
21
22  export default class TipoFio extends React.Component {
23
24    constructor(props) {
25      super(props);
26      // this.handleEmail = this.handleEmail.bind(this);
27      this.handleLogin = this.handleLogin.bind(this);
28    }
29
30    state = {
31      dataSource: [],
32    };
33
34    handleUpdateInput = (value) => {
35      this.setState({
36        dataSource: [

```

Figura 22 - Captura de tela do Visual Studio Code

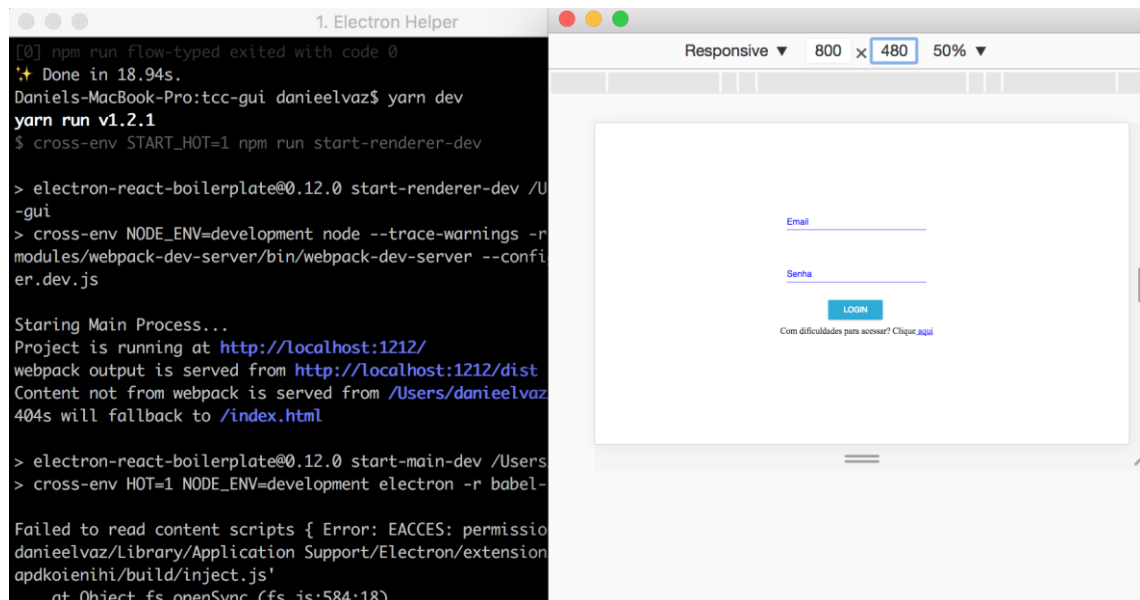


Figura 23 - Captura de tela de uma simulacao inicial do aplicativo criado

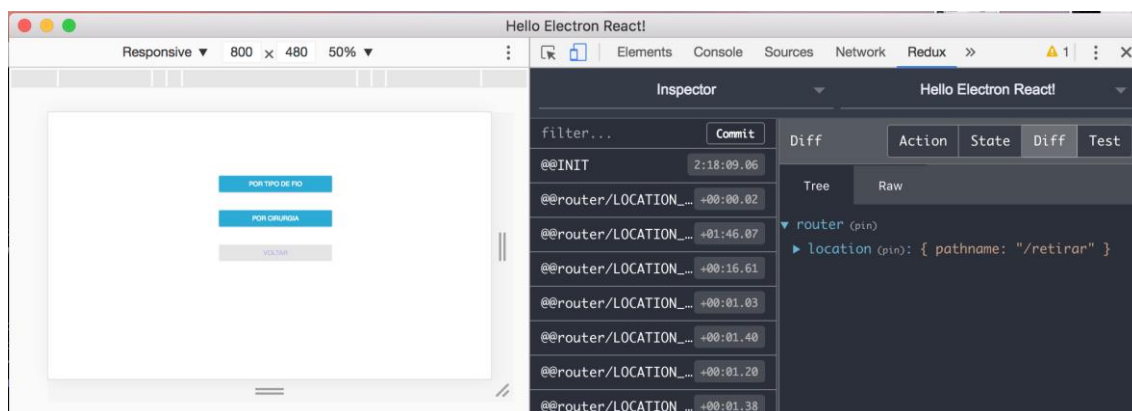


Figura 24 - Captura de tela do aplicativo criado e a ferramenta “Redux” que permite ver em que estado atual do usuário, facilitando a programação.

A decisão final foi de usar o PyQT para o protótipo (e o React apenas em uma concepção futura), uma vez que o PyQT é um empacotador da linguagem Python para a biblioteca Qt, portanto a integração ficou mais simples uma vez que foi utilizada uma *GUI* nativa na mesma linguagem de programação do mecanismo.

A GUI desenvolvida seguiu a lógica apresentada nos diagramas explicados anteriormente. No Anexo E encontra-se um manual dos casos de uso com as telas desenvolvidas, assim como a funcionalidade de cada botão, os fluxos responsáveis por cada caso de uso e os fluxos alternativos.

5.1.3. Projeto Elétrico/Eletrônico

Tendo o projeto mecânico e o projeto de software, é necessário desenvolver o projeto elétrico, com os diagramas para a ligação de todos os componentes (dois motores de passo, um motor DC, uma válvula solenoide e um servo motor) no controlador. As duas figuras abaixo traduzem tudo que já foi explicado na forma de diagrama elétrico. A primeira de forma simplificada e ilustrativa; a segunda com as portas e ligações reais das ligações realizadas.

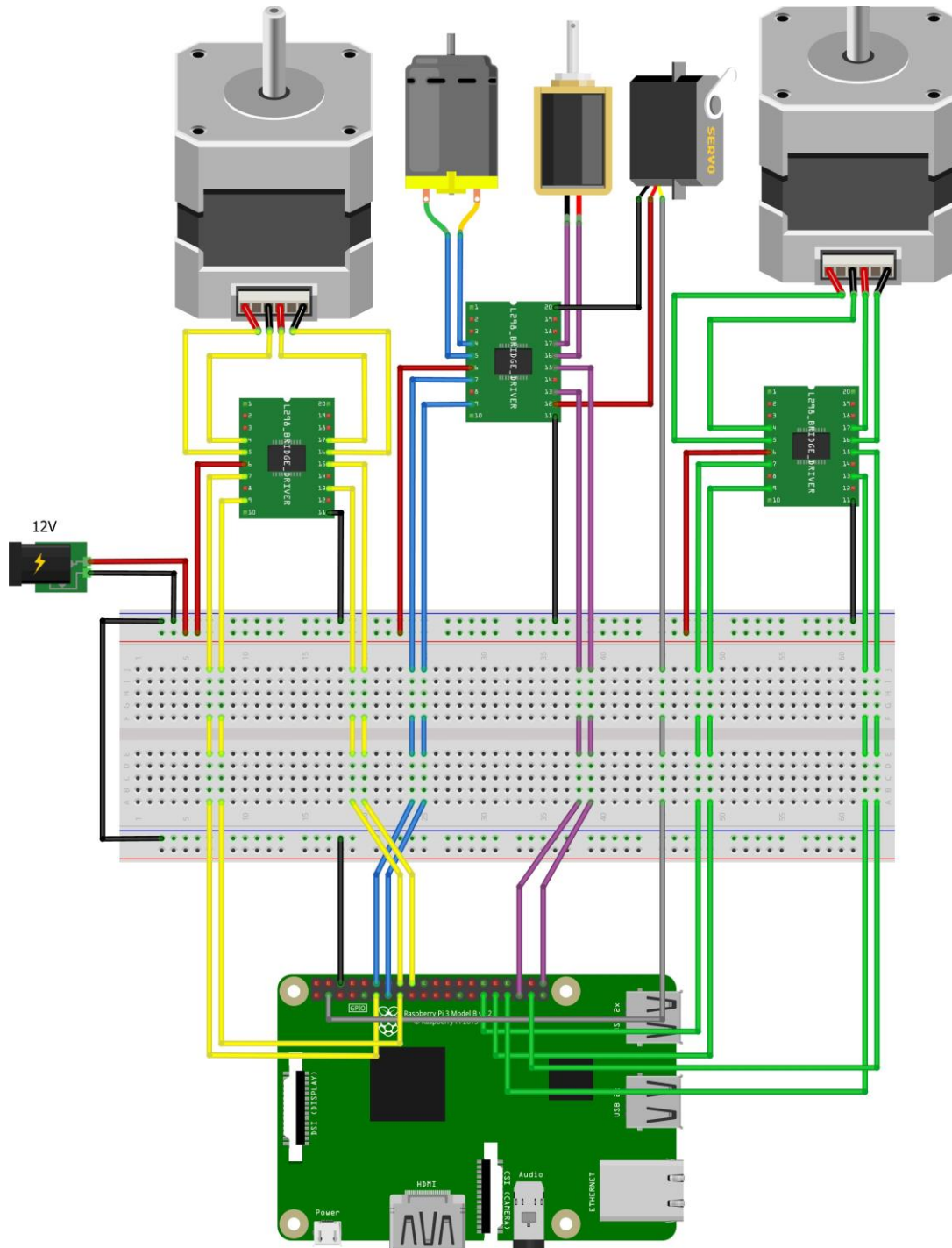


Figura 25 - Diagrama elétrico ilustrativo

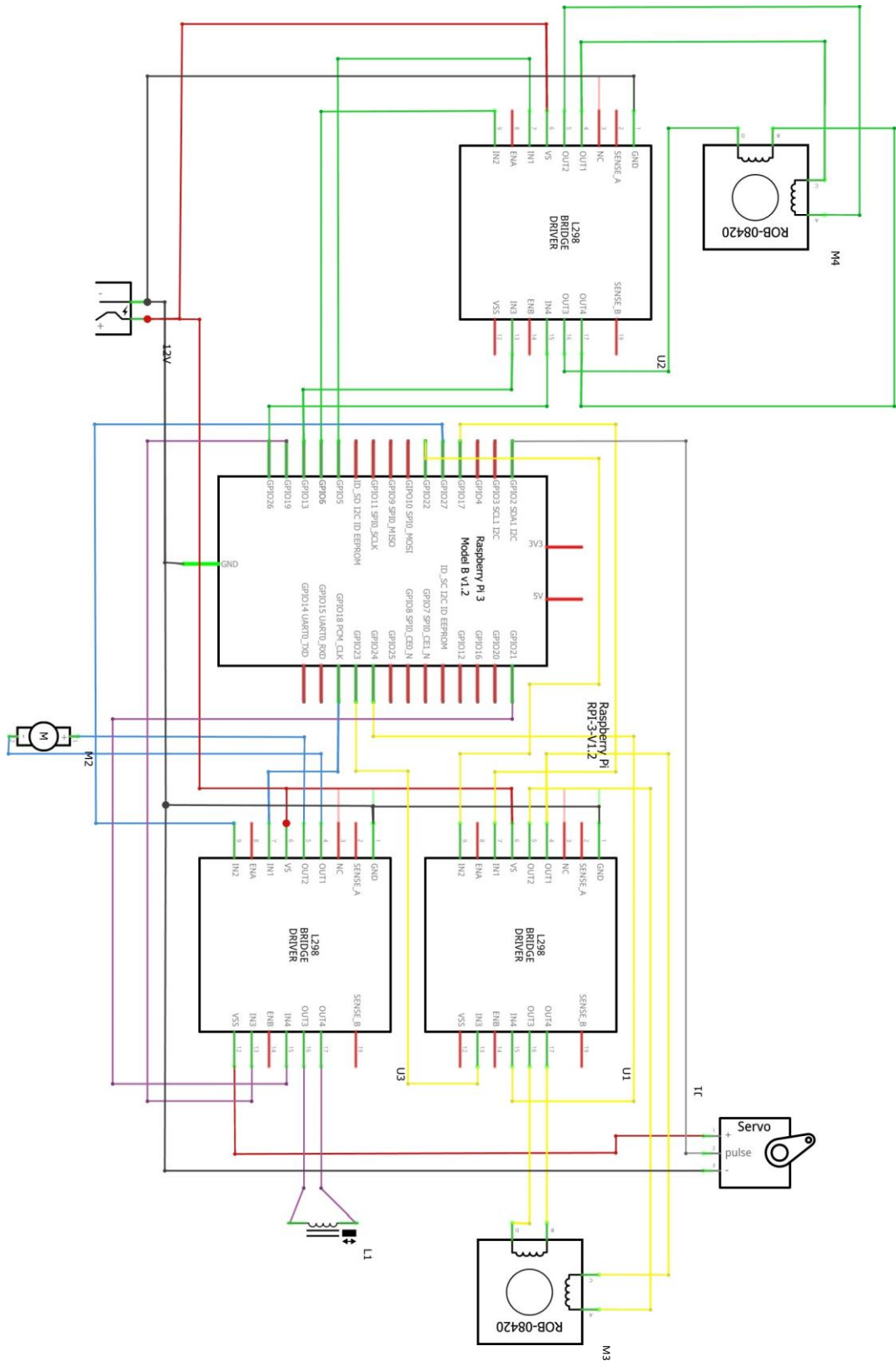


Figura 26 - Diagrama de componentes eléctricos

6. CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

A construção de protótipos propicia a verificação de detalhes bem como a avaliação de problemas em peças ou conjuntos, uma vez que podem ser analisados em instalações próprias para testes (PAHL et al., 2005).

6.1. DESENVOLVIMENTO

Para a construção do protótipo, foram levantados aspectos essenciais para representação do projeto em menor escala e menos funcionalidades. Portanto, itens secundários do projeto não serão construídos no protótipo:

- Dispositivos de Atuação e Detecção (Sensores, algumas Válvulas Solenoides, Leitor de Código de Barras, etc.)
- Dispositivos de Monitoração (LEDs, Lâmpadas Sinalizadoras, Alarmes de Emergência, etc.)
- Gabinete externo e prateleiras internas

Anteriormente à construção, foi feito um projeto em CAD através do Software *Microsoft Inventor*, onde foi criado o protótipo em 3D juntamente com seus desenhos de fabricação com a lista de peças a serem compradas, como já explicado no projeto detalhado e presente no Anexo B. Assim, a construção do protótipo foi facilitada pelo projeto 3D, uma vez que o software viabiliza uma análise completa de todas as vistas do desenho, o que possibilitou uma visualização mais clara das etapas de construção do protótipo. Também foram utilizados elementos de fixação já no modelo tridimensional, portanto não houve a necessidade de ajustes.

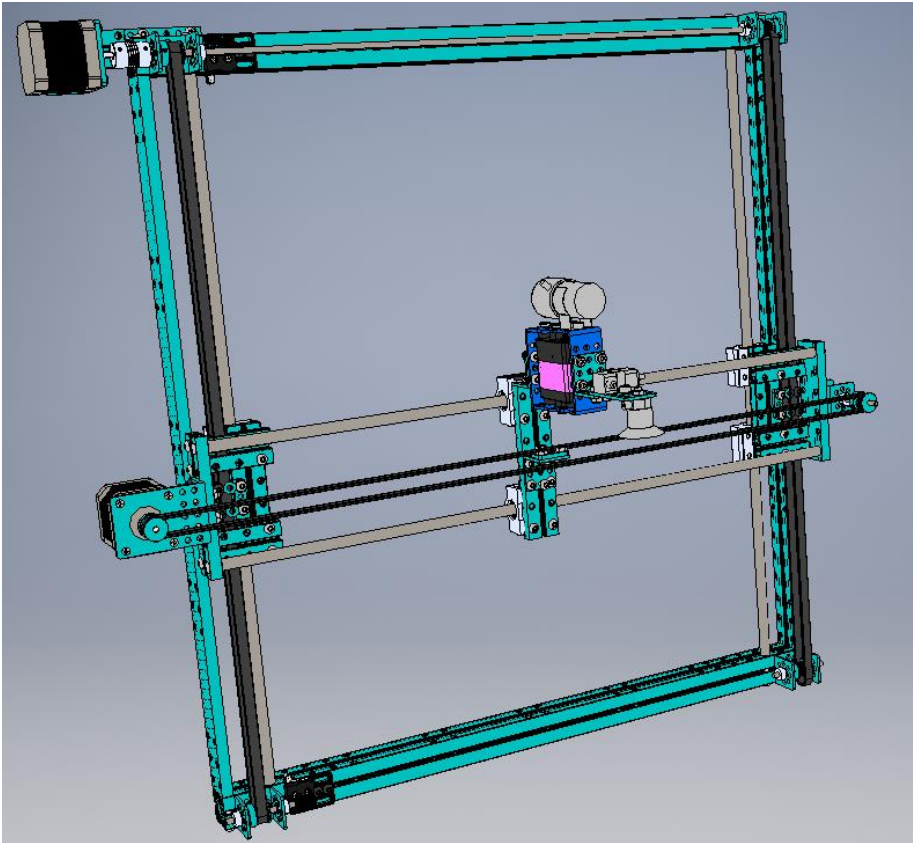


Figura 27 - Protótipo em 3D

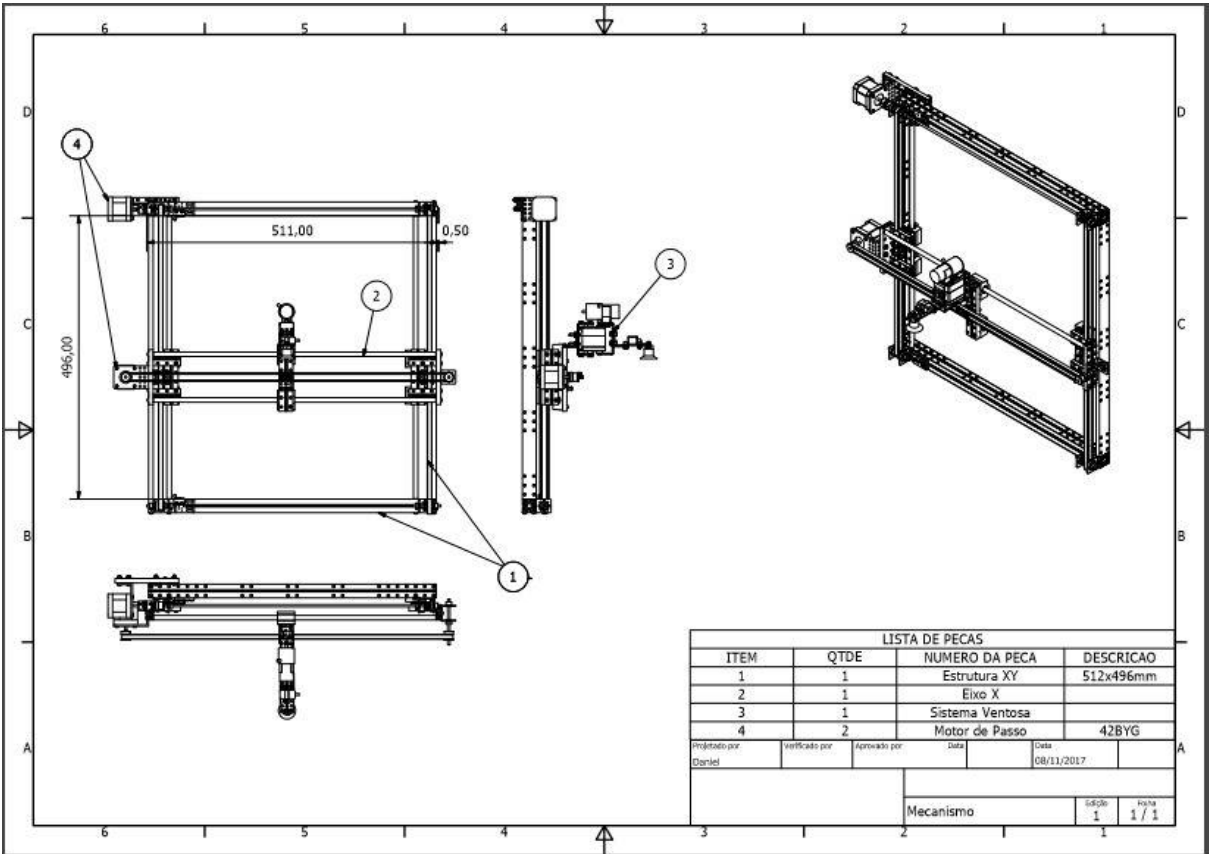


Figura 28 – Desenho de Conjunto do Protótipo

6.2. CONSTRUÇÃO

Esta etapa do projeto consiste em produzir tudo aquilo que foi documentado antes durante o projeto detalhado. O foco principal aqui não foi a usinagem das peças e sim a montagem fácil e simples. Dessa forma as peças foram encomendadas de acordo com os desenhos de fabricação e suas especificações. Os elementos da lista de materiais foram importados, e a precificação das peças foi realizada utilizando a taxa de câmbio de 06 de julho de 2017. Antes de um detalhamento das etapas de construção optou-se por apresentar as imagens do protótipo final.

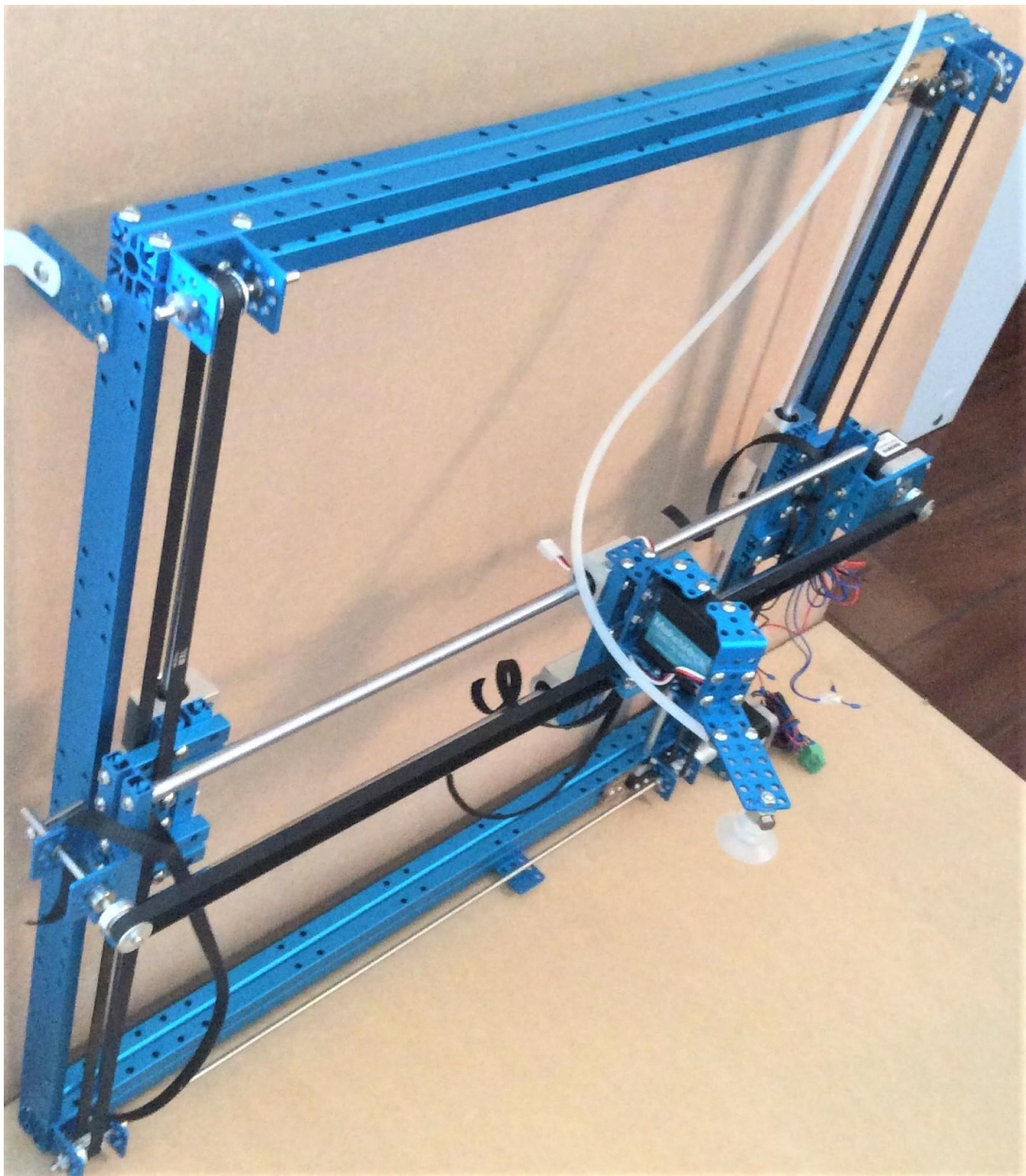


Figura 29 – Vista Isométrica do protótipo

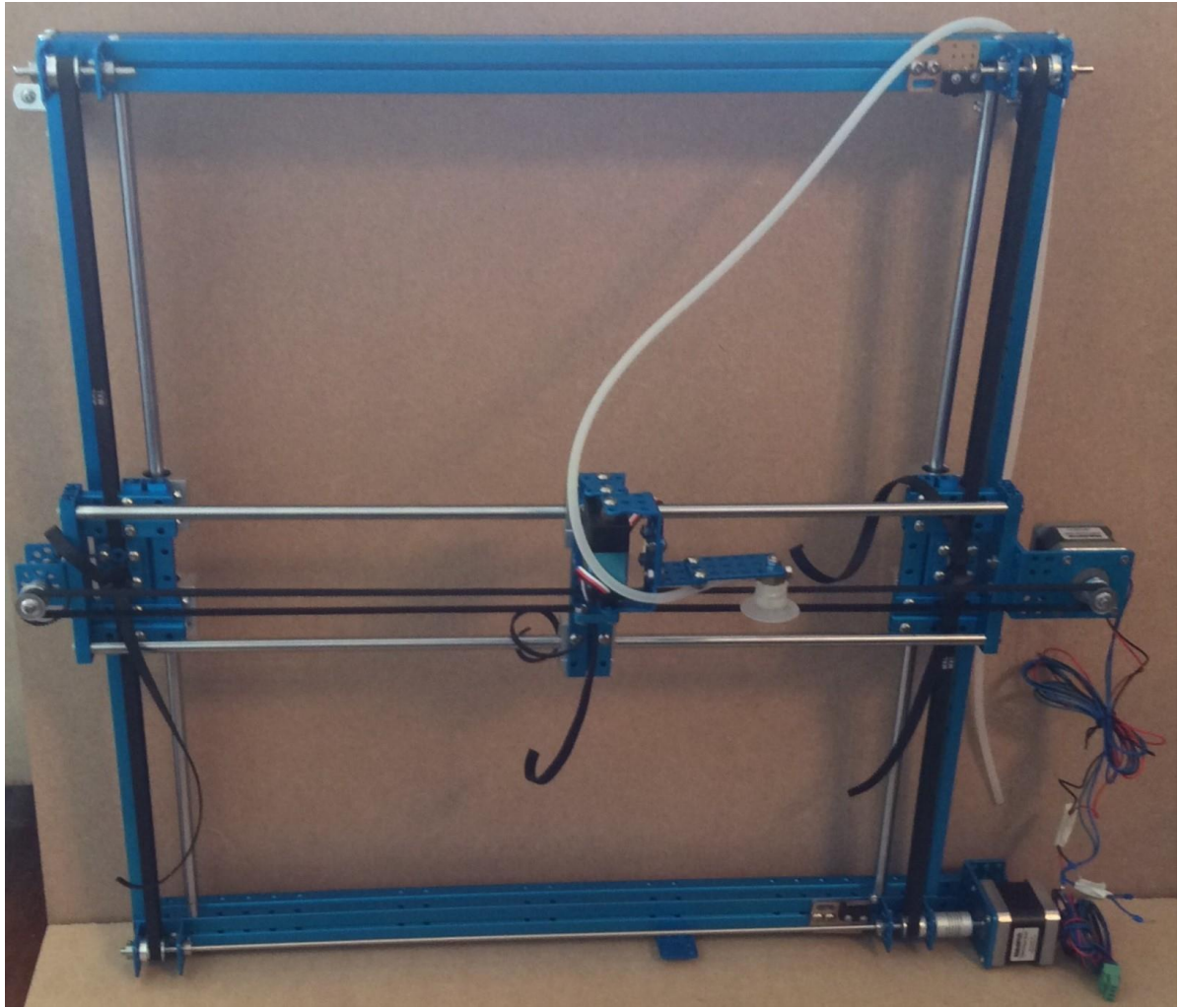


Figura 30 – Vista Frontal do protótipo

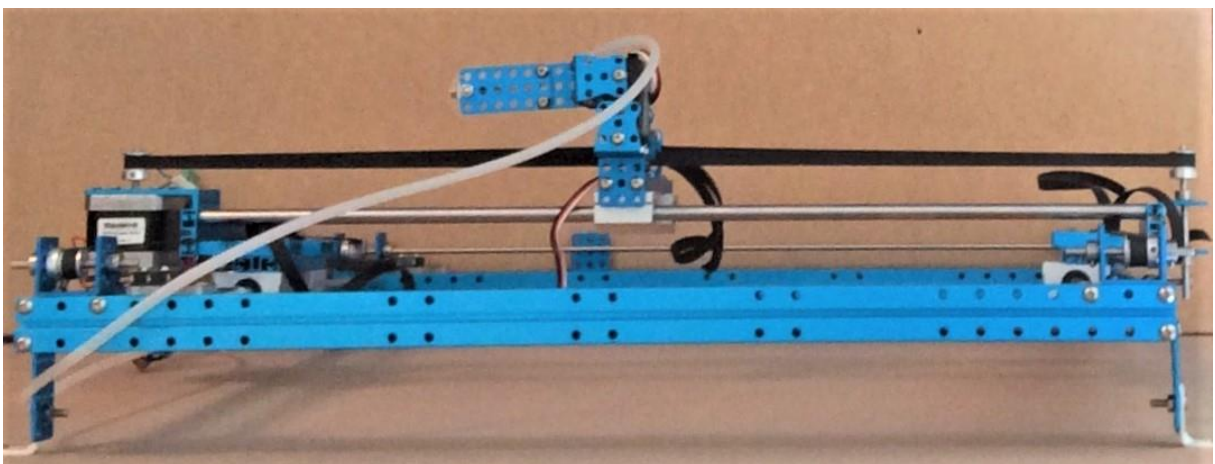


Figura 31 – Vista Superior do protótipo

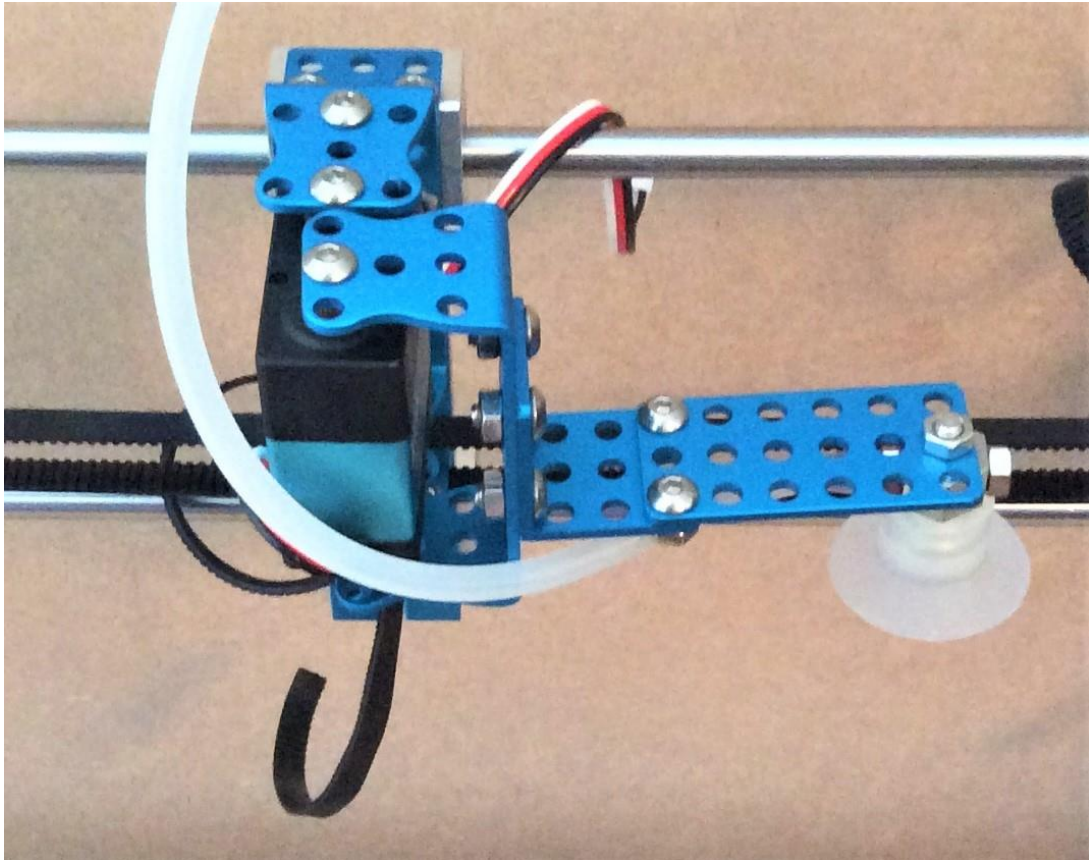


Figura 32 – Mecanismo de sucção

A montagem do protótipo mecânico apresentado iniciou-se pela estrutura maior de suporte, que se encontra na posição vertical. As duas barras de 496mm foram ligadas as duas barras de 504mm através de parafusos M4x30. Nesta etapa também foram encaixados os eixos da direção vertical.

A segunda etapa da construção do protótipo foi a montagem da mesa horizontal. Para isso os dois eixos horizontais foram fixados as guias dos eixos verticais através de parafusos M4x22 e M4x14. Aqui também se fixou o motor de passo móvel, acoplado a mesa horizontal e as polias responsáveis pela movimentação da ventosa.

A terceira etapa foi a fixação das polias responsáveis pelo movimento da mesa horizontal, assim como do motor de passo fixo na base do protótipo. Em seguida instalou-se a correia responsável pelo movimento da mesa horizontal (movida pelo motor de passo fixo) tracionada de forma que o movimento fosse feito de forma segura e sem folga.

Após isso, a correia para o movimento vertical da ventosa (movida pelo motor de passo móvel) foi instalada e tracionada de mesma forma que a explicada anteriormente. Com isso foi possível montar o sistema de ventosa, com o servo motor

e o motor DC ligados por tubos de silicone e intermediados por uma válvula solenoide 12V.

Por fim, realizaram-se as ligações elétricas de acordo com o apresentado no projeto detalhado. Uma dificuldade encontrada aqui foi o comprimento dos jumpers que ligavam os componentes, sendo necessário a associação de alguns deles em série e a busca por jumpers de comprimento maior, o que não foi previsto previamente.

7. TESTES E RESULTADOS DO PROTÓTIPO

A etapa de testes do protótipo seguiu as mesmas etapas de construção do projeto detalhado. Os testes de cada um dos projetos (Projeto eletrônico, Projeto de Software e Projeto Mecânico) foram feitos separadamente, e quando validados prosseguiu-se para a etapa de integração.

7.1. TESTES COM O PROJETO ELÉTRÔNICO

Após a programação e compreensão de como controlar cada componente do sistema (os dois motores de passo, o motor DC, o servo motor e a válvula solenoide) em linguagem Python, realizou-se a ligação dos cabos no microprocessador e realizou-se o teste separadamente de cada um deles. O principal problema encontrado aqui foi o fato de a programação em Python ser feita passando como parâmetro para o processador a ordem de acionamento das bobinas. No motor utilizado existem 4 bobinas, separadas por 90 graus. Dessa forma para um acionamento *full step* pode-se optar por acionar uma bobina de cada vez (bobina 1, bobina 2, bobina 3 e bobina 4 por exemplo), fazendo com que em cada pulso de sinal o norte do rotor se alinhe com uma das bobinas. Entretanto, é mais recomendado o acionamento de duas bobinas por vez, fazendo com que o sistema fique mais estável e impeça que o motor se perca em caso de perda de passo (o que poderia ocasionar em uma rotação inversa e danos ao motor). Assim, o acionamento dos motores de passo seguiu a ordem de acionamento das bobinas representada na figura abaixo:

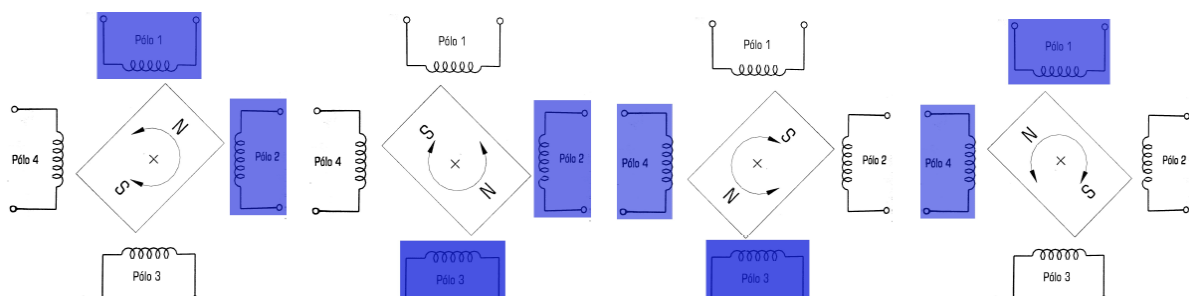


Figura 33 - Ordem de acionamento das bobinas no motor de passo

Um segundo problema nesta etapa foi o fato de o intervalo de tempo entre passos ser definido manualmente. Um intervalo muito grande entre passos faz com que o motor fique muito lento, da mesma forma que um intervalo muito curto faz com que ocorra a perda de passo, e o motor não responda e não rotacione da forma desejada. Foi necessário então uma sequência de testes para que a rotação atingisse o valor divulgado nas especificações técnicas.

Os outros componentes não geraram nenhuma dificuldade para o controle.

7.2. TESTES COM O PROJETO DE SOFTWARE

Devido a facilidade de utilização da biblioteca de SQLite em Python, a construção do banco de dados foi relativamente simples. Cada tabela criada era testada com funções de inserção e remoção de dados. Assim que todas tabelas foram criadas elas foram povoadas com dados de teste. Neste momento algumas funções básicas foram desenvolvidas, principalmente para consulta do banco de dados, visando a escrita de todas a funções que seriam necessárias nos botões da interface gráfica. Esta, por sua vez, apresentou problemas iniciais, principalmente no que tangia o redimensionamento das janelas. Quando a tela era aumentada ou reduzida de tamanho havia uma deformação dos elementos. Após alguns testes de configuração dos *widgets* foi desenvolvida uma metodologia de inserção de *layers* (inglês para camadas) horizontais e verticais, que quando bem combinados se redimensionavam de forma correta.

O segundo teste com a interface gráfica consistiu na mudança de tela, ou seja, quando um botão era selecionado avançava-se para a tela seguinte (sem nenhuma interação com o banco de dados ainda). Esta etapa não impôs grandes problemas nem dificuldades.

A etapa mais trabalhosa nos testes do projeto de software foi a integração do banco de dados com a interface gráfica, feita antes do avanço para os testes no protótipo cuja construção foi explicada no tópico anterior.

Os testes se mostraram complicados já que foi necessária a criação de diversos exemplos para os testes dos fluxos esperados e dos fluxos alternativos de cada caso de uso. Por exemplo, criou-se um usuário de cada tipo, uma série de 15 fios (retirados do catálogo de fios cirúrgicos *Johnsons*) e uma série de 5 cirurgias (com nomes fictícios com mero fim de teste). A cada uma dessas cirurgias foram atribuídos alguns

fios sugeridos. Em seguida, criou-se uma série de pacientes, também fictícios, aos quais foram atribuídas as cirurgias. Com estes dados de teste inseridos no banco de dados cada um dos botões e das telas foram testados, dando origem ao Manual de Casos de Uso em anexo (Anexo E).

7.3. TESTES COM O PROJETO MECÂNICO

Com o protótipo montado, o sistema eletrônico funcionando e o projeto de software já testado e funcionando partiu-se para a integração de tudo. Inicialmente desenvolveram-se algumas funções básicas, como por exemplo a retirada de fios. Essa função segue uma base de movimentos básicos:

- Movimento do motor de passo vertical;
- Movimento do motor de passo horizontal;
- Rotação do servo motor;
- Ajuste vertical;
- Acionamento do motor DC;
- Acionamento da válvula solenoide;
- Desativação do motor DC;
- Rotação do servo motor;
- Movimento do motor de passo horizontal;
- Movimento do motor de passo vertical;
- Rotação do servo motor;
- Desativação da válvula;
- Rotação do servo motor.

O primeiro problema encontrado foi a fonte utilizada. Os primeiros testes foram realizados com baterias 9V, que não supriam as necessidades dos componentes. A substituição por uma fonte 12v também não resolveu o problema. Os motores de passo continuavam muito lentos e a potência do motor DC não era suficiente para a sucção de embalagens de fios. Optou-se então pela utilização de uma fonte de computador, também com 12V, mas responsável por fornecer uma corrente de 15A. Este processo de substituição de fontes de energia consumiu alguns dias do projeto.

O segundo problema encontrado na sequência de testes do projeto mecânico foi o fato da mesa horizontal ser pesada o suficiente para rotacionar o motor de passo quando ele não estava energizado. Desta forma foi necessária uma alteração no código para que o motor de passo responsável pelo movimento vertical continuasse energizado durante o processo de captura do fio.

7.4. RESULTADOS

Apesar de todas dificuldades encontradas ao longo dos testes, todas elas foram contornadas e levaram o projeto a melhorias, mostrando pontos falhos que passaram no projeto detalhado.

Após os testes explicados foi possível a obtenção de um dispenser automatizado com um sistema capaz de:

- Cadastrar e recuperar informações de três tipos de usuários;
- Cadastrar pacientes, cirurgias e fios cirúrgicos, assim como a ligação entre eles (paciente A, realiza a cirurgia B, que utiliza os fios C e D, por exemplo);
- Consultar o estoque de fios existentes;
- Abastecer algum fio específico
- Retirar um fio específico;
- Retirar todos fios atrelados a cirurgia de um paciente específica;
- Devolução de fios específicos.

Dessa forma os resultados obtidos foram satisfatórios e atingiu-se o objetivo principal estabelecido no início do projeto, que era a construção de um dispenser automatizado para fios cirúrgicos com um sistema de devolução.

7.5. PONTOS A DESENVOLVER

Mesmo com os resultados atingidos, existem pontos que não foram desenvolvidos como imaginados no início e seriam passíveis de melhoria. O primeiro deles seria a instalação de um leitor de código de barras dos fios. No projeto desenvolvido, a devolução de fios é feita a partir da inserção, pelo usuário, das informações dos fios

que está devolvendo ao sistema. Seria possível realizar esta etapa a partir apenas da instalação de um scanner de código de barras que lesse o código dos fios que entraram na máquina e identificasse eles diretamente. Isso inclui a geração de uma nova tabela no banco de dados que associasse cada código de barra à um fio.

Um segundo ponto é a instalação das válvulas solenoides que travariam as gavetas fechadas. Do jeito que está apresentado, o foco principal foi no mecanismo em si, e não em sua estrutura externa. Para isso, seria necessário o dimensionamento preciso das gavetas e a instalação e controle das válvulas. Elas estariam constantemente travadas, e só seriam liberadas para o abastecimento de algum fio, para a operação de retirada ou para a operação de devolução. O terceiro seria a possibilidade da criação de um aplicativo nativo como descrito na seção 5.1.2, assim podendo expandir seu uso para *smartphones* e *tablets*. Um quarto ponto foi comentado por Júlio durante uma reunião, a possibilidade de análise dos resultados obtidos após um tempo de operação do mecanismo (tipos de fios mais solicitados, tempo de resposta, etc.).

Como todo projeto inicial, existem melhorias e atualizações a se fazer. Essa é a essência do mundo atual, tecnologias se renovando a cada minuto e uma acessibilidade mais fácil a elas através de programas de bibliotecas abertas, fóruns, espaços colaborativos de trabalho, API's, entre outras.

8. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

8.1. DISCUSSÃO

No segundo semestre de 2016, ao longo da disciplina TCC0, estipulou-se um diagrama de Gantt para estabelecer as datas de início e de fim de cada etapa do desenvolvimento do projeto. O projeto foi subdividido em 9 etapas, sendo a primeira delas “Formulação do Problema e Objetivos” desenvolvida em paralelo com a disciplina junto com o Estado da Arte, onde se compreendeu de forma profunda e concisa o problema.

Durante o mês de dezembro de 2016, realizou-se uma nova visita ao hospital, onde na presença do cirurgião foi esclarecida uma visão médica do projeto, sobre a sua importância no centro cirúrgico, todo procedimento detalhado de preparação de uma sala de cirurgia, assim como noções mais precisas de número de cirurgias e consumo de fios cirúrgicos. Todo fluxo de material e de informação foi esclarecido, e uma série de questões previamente levantadas foram respondidas, concluindo a etapa de “Levantamento de Requisitos”.

A partir daí, foi possível iniciar as etapas relacionadas as alternativas de solução. A abordagem escolhida foi o levantamento de diversas alternativas de solução na forma de brainstorming pelos alunos. Foi possível separar as soluções em dois grandes grupos a partir da forma de estocagem e forma de armazenamento de fios no interior da máquina. Alguns critérios para avaliação das soluções foram escolhidos (muito em função das necessidades apresentadas pelo cliente), o que possibilitou a estruturação de uma matriz de decisão. O professor orientador relatou sua opinião, e levando isso em conta foram atribuídos pesos aos nove critérios de avaliação, em seguida cada solução recebeu uma nota em cada um dos critérios. A solução com a maior nota final foi a utilização de uma ventosa (em sistema elétrico) para capturar os fios estocados na forma de pilha em gavetas na máquina. Concluiu-se as etapas de “Proposta de Alternativa” e “Seleção de Alternativa”.

No mês de março de 2017, com base na solução escolhida uma primeira versão tridimensional do mecanismo foi desenvolvida no software Autodesk Inventor. Este projeto básico foi apresentado para o cliente no dia 24 de março, que aprovou o mecanismo. Em paralelo a isso, os diagramas de estados da máquina foram traçados

de forma simplificada, levantando todas funções necessárias para seu funcionamento, e todos processos envolvidos nos procedimentos de retirada e devolução de fios. Concluída esta etapa de “Projeto Básico”, mesmo que muito conceitual, deu-se início ao projeto detalhado.

Neste ponto, para o desenvolvimento de um mecanismo detalhado que fizesse sentido, o Professor Doutor Gilberto Francisco Martha de Souza foi consultado, e deu informações de extrema importância para os sistemas de movimento. A partir dessas instruções, uma nova versão, muito mais elaborada, foi desenvolvida para o mecanismo. A solução final consistiu, portanto, em um braço controlado por um servo motor, com uma ventosa na extremidade, acionada por uma bomba elétrica com um sistema de válvula. Esse sistema pode se mover tanto na horizontal quanto na vertical, o que é feito por sistemas de polias e guias acionadas por motor de passo. Gilberto cogitou a possibilidade de uso de fusos para o movimento, entretanto tão solução ia contra uma das prioridades da máquina que é a velocidade de retirada de fios. A ventosa é responsável pela captura dos fios que se encontrarão em gavetas (uma gaveta para cada tipo de fio), e fará o transporte dos fios solicitados através de uma interface até uma gaveta de retirada, onde o usuário fará a coleta. Para a devolução será realizada a operação inversa, a partir de uma gaveta de devolução.

Após a finalização do mecanismo, junto com o professor orientador foi escolhido a tecnologia de controlador que será utilizada (Raspberry Pi com interface LCD) e iniciou-se o projeto de software. Todas as telas de interação homem-máquina foram desenhadas em quadro branco, e estão em processo de serem redimensionadas no computador, para assim começar a programação.

No final do semestre apresentou-se o projeto aos professores da disciplina de TCC1, com a utilização de um pôster em tamanho A2, onde alguns pontos de correção foram levantados. Em primeiro lugar, faltava enfatizar o viés de logística do projeto. Em todo momento havia sido explicado que fios abertos não poderiam ser reutilizados por questões de esterilização, mas o conceito de “melhora de gestão logística” não havia sido citado. Isto foi essencial para a reformulação de nossa introdução. Além disso, foi levantada a necessidade de maiores cálculos de vantagem econômica de instalação da máquina, como por exemplo quanto seria economizado por não haver mais a necessidade de manter alguém na administração da retirada e estoque de fios. No final de junho, chegou-se a uma conclusão quanto a um fornecedor de peças que pode entregar de maneira rápida o material necessário para a construção do protótipo

no segundo semestre. A compra do material foi feita ao longo do mês de julho. Com isso, foi estudado o microcontrolador e a linguagem de programação a ser utilizada: *Python*.

No segundo semestre de 2017, avançou-se com o projeto mecânico e o passo seguinte foi sua integração com o de software, em fase de desenvolvimento, entretanto, já iniciado e bem estruturado. Além disso, o controlador que será usado também foi escolhido, e como optou-se por uma arquitetura com interface LCD disponível no mercado isso também permitirá que a implementação seja feita de forma mais rápida.

A montagem do protótipo mecânico apresentado iniciou-se pela estrutura maior de suporte, que se encontra na posição vertical. As duas barras de 496mm foram ligadas as duas barras de 504mm através de parafusos M4x30. Nesta etapa também foram encaixados os eixos da direção vertical.

Anteriormente à construção, foi feito um projeto em CAD através do Software *Microsoft Inventor*, onde foi criado o protótipo em 3D juntamente com seus desenhos de fabricação com a lista de peças a serem compradas, como já explicado no projeto detalhado e presente no Anexo B. Assim, a construção do protótipo foi facilitada pelo projeto 3D, uma vez que o software viabiliza uma análise completa de todas as vistas do desenho, o que possibilitou uma visualização mais clara das etapas de construção do protótipo.

O software foi a parte do projeto que demandou mais tempo, tanto na programação do mecanismo e seus componentes, quanto na interface gráfica. Existem muitas linguagens de programação, algumas mais básicas, outras mais intuitivas com frameworks recentes, portanto existem diversas alternativas a serem estudadas e testadas.

Para o protótipo, optou-se por uma linguagem e interface mais básicas: Python e PyQt, respectivamente. PyQt é um empacotador da linguagem Python para a biblioteca Qt, portanto a integração ficou mais simples uma vez que foi utilizada uma *GUI* nativa na mesma linguagem de programação do mecanismo.

8.2. ÉTICA

Na abordagem ética, destaca-se que para toda pesquisa com seres humanos deve haver um comprometimento por parte dos pesquisadores em seguir rigorosamente as normatizações da Resolução 196/96 do Ministério da Saúde do Brasil.

No entanto, vale ressaltar que o desenvolvimento deste protótipo e seus testes não implicou em um contato imediato com seres humanos, visto que a instalação do projeto em um centro cirúrgico ainda demanda outras questões internas. Portanto, por instância, não acarreta em riscos diretos ao paciente.

8.3. CONCLUSÃO

A implantação de um sistema automatizado em hospitais, principalmente em ambientes cirúrgicos, pode ser considerada uma mudança radical nos preparatórios cirúrgicos diários de um enfermeiro e outros funcionários ligados a essas atividades. Isso requer uma transição lenta para a ambientação da automação, uma vez que profissionais da área da saúde trabalham com o cuidado de pessoas, prevenção de falhas e otimização tempo são variáveis cruciais para o sucesso.

Independentemente de um investimento inicial e uma transição lenta, a automação é uma alternativa extremamente viável para a inovação deste setor, visto que, além do avanço em eficiência e redução de custos, com possibilidade de projeções lucrativas, é nítido o retorno positivo para funcionários que desfrutam de mais disponibilidade para desempenhar um trabalho mais focado na sua profissão.

A aplicação de um dispenser automatizado para fios cirúrgicos não só reduz a chance de erros na coleta e transporte desses fios, mas também cria um fluxo de trabalho mais eficiente, permitindo que os funcionários do hospital dediquem uma menor parte de seu tempo localizando, recuperando e verificando os fios, e se concentrem mais nos pacientes. Sua lógica de funcionamento não se mostra como um problema de ordem superior, e diversos elementos da literatura podem servir de base para o seu desenvolvimento.

A etapa mais trabalhosa nos testes do projeto de software foi a integração do banco de dados com a interface gráfica, feita antes do avanço para os testes no protótipo cuja construção foi explicada no tópico anterior. Os testes se mostraram complicados

já que foi necessária a criação de diversos exemplos para os testes dos fluxos esperados e dos fluxos alternativos de cada caso de uso.

Apesar de todas dificuldades encontradas ao longo dos testes, todas elas foram contornadas e levaram o projeto a melhorias, mostrando pontos falhos que passaram no projeto detalhado.

A conclusão de etapas projeto em linha com o cronograma nos evidencia uma ótima organização através de um diagrama de Gantt, metodologia empregada para a gestão do tempo. Assim como a boa interpretação dos dados da pesquisa levou a um projeto viável e um protótipo construído que atende aos requisitos iniciais. Além disso, pudemos observar durante a execução do projeto um grande aprendizado no âmbito técnico e científico, principalmente com relação a interface gráfica, projeto de máquinas e sistemas de informação.

Outro ponto desenvolvido e essencial para a formação de um engenheiro em uma renomada escola de engenharia é a constante necessidade de fazer decisões e tratar com diferentes soluções para o mesmo problema. Como citado pelo próprio Professor Doutor Gilberto Francisco Martha de Souza “se houver apenas uma solução possível, não se trata de um projeto de engenharia”. Para cada uma dessas escolhas é necessário levantar os pontos envolvidos, vantagens e desvantagens, e a utilização de uma matriz de decisão se mostra extremamente eficiente já que apresenta esses aspectos de forma clara e quantitativa. Foram necessárias decisões acerca do mecanismo a ser utilizado, do tipo de controlador e processador, da linguagem para o desenvolvimento da interface gráfica e até mesmo para como seria feito o desenho do banco de dados.

Como conclusão, o objetivo principal do trabalho foi alcançado, mesmo que com a possibilidade de algumas melhorias em alguns pontos, como citado previamente. O desenvolvimento desse projeto foi extremamente educativo e agregou muito na formação de engenheiro dos autores.

9. BIBLIOGRAFIA

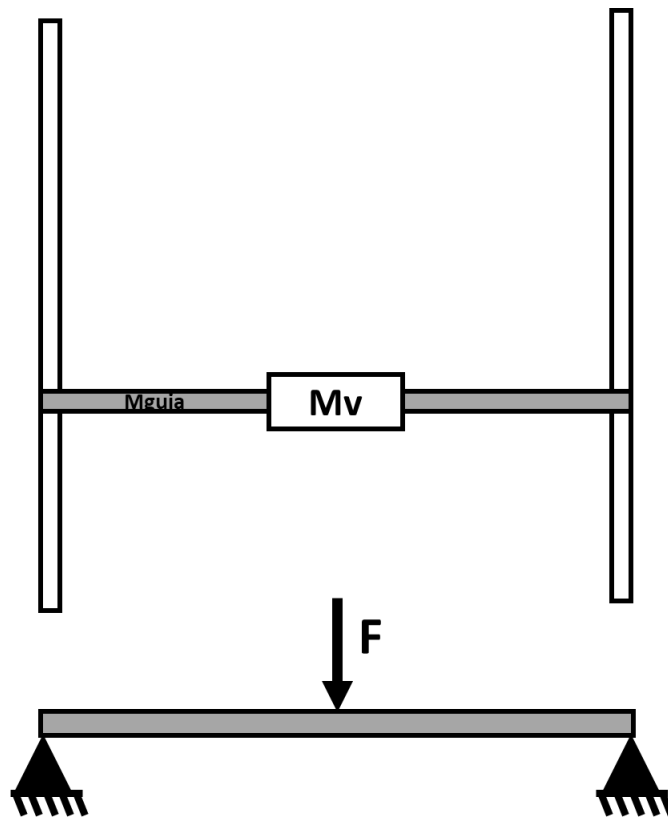
- [1] A. Lahtela, V. Jylha, K. Saranto and T. Naaranlahti, "**Effects of Automated Dose-Dispensing System on Medication Management Process**," *Advances in Human-Oriented and Personalized Mechanisms, Technologies and Services (CENTRIC)*, 2010 Third International Conference on, Nice, 2010, pp. 56-60.
- [2] ANVISA, **RESOLUÇÃO - RE N° 2605**, DE 11 DE AGOSTO DE 2006
- [3] BROGI, M. BROMAS LOG, Brogi Marco. **Automatic store, suitable in particular for automatic pharmacies**. EP2960184, 30 dez. 2015.
- [4] CARDOSO, C. and SILVA, J. F. "**Study of hospital pharmacy automation process in a hospital of federal district, Brazil**," *Health Care Exchanges (PAHCE)*, 2013 Pan American, Medellin, 2013, pp. 1-1.
- [5] DE OLIVEIRA, P. J. R. **Obras e Serviços de Engenharia – Projeto básico e fiscalização de obras públicas**, 2009.
- [6] DE OLIVEIRA, T. A. B. e VALENÇA, K. F. P. **A importância da metodologia científica para o ensino e aprendizagem no ensino superior** ISSN 2176-1396 – UFS, 2013.
- [7] FIO DE SUTURA. <<https://www.fiodesutura.com.br/pagina/fio-de-sutura.html>>. Acessado em 08 de Agosto de 2017.
- [8] GUOCHENG, L. **Automatic picking of pharmaceutical machinery**. CN205470450, 17 ago. 2016.
- [9] GUOCHENG, L. and TIANSHUANG, W. **Automatic medicine picking machine and medicine picking method thereof**. CN105416795, 23 mar. 2016.
- [10] HELLENBRAND, C. **Storage and automatic picking machine for small piece goods**. EP2719641, 16 abr. 2014.
- [11] IBRAOP, **ORIENTAÇÃO TÉCNICA – OT – IBR 001/2006** <<http://www.ibraop.org.br>>. Acessado em 11 de Outubro de 2017.

- [12] SALOMON, Delcio V. **Como fazer uma monografia**. São Paulo: Martins Fontes. 1999.
- [13] INBRASIL, **RECICLAGEM**. <<http://www.inbrasil.ind.br/reciclagem/>>. Acessado em 31 de Julho de 2017.
- [14] KASBEKAR, N. **Pharmacy Purchasing and Products**, Vol. 10. Penn Presbyterian Medical Center, July 2013, p. 40.
- [15] Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. **To err is human: building a safer health system**. Washington (DC): National Academy Press, Institute of Medicine, Committee on Quality of Health Care in America; 2000.
- [16] Leape LL, Brennan TA, Laird N, et al. **The nature of adverse events in hospitalized patients**. Results of the Harvard Medical Practice Study II. N Engl J Med. 1991;324:2377-384.
- [17] LERT, J., SULLIVAN, R. and TOEBES, S. **CASEPICK SYSTEMS: Storage and retrieval system**. EP2417044, 14 out. 2010.
- [18] LITVAK, N. and VLASIOU, M. **A survey on performance analysis of warehouse carousel systems**. Statistica Neerlandica, 64 (5) (2010), pp. 401–447.
- [19] LOPES, Nancy M. do Rio B. **Caracterização de fios de sutura e sua embalagem na etapa de pré-esterilização**. Uma proposta de análise quantitativa, 2004.
- [20] LOPES RIBEIRO, P. **PICKLOG UNIPESSOAL**, Evolving mobile unit for controlled product storage and dispensing. WO2015112035, 30 jul. 2015.
- [21] NW, Lo C, Babich M, Shah K, Bansback NJ. **Decentralized automated dispensing devices: systematic review of clinical and economic impacts in hospitals**. Can J Hosp Pharm. 2014;67(28):138-48.
- [22] PAHL, Gerhard et al. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2005. 412 p.

- [23]Rodriguez-Gonzalez C.G., Herranz-Alonso A., Martin-Barbero M.L., et al. **Prevalence of medication administration errors in two medical units with automated prescription and dispensing.** J Am Med Inform Assoc. 2012;19(Lahtela et al., 2010): 72–8.
- [24]SAMPAIO, Tadeu Cincurá de A. S. **A importância da metodologia da pesquisa para a produção de conhecimento científico nos cursos de pós-graduação:** a singularidade textual dos trabalhos científicos jurídicos. Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Federal da Bahia. 2013
- [25]SWISSLOG, **Automation for Hospital Pharmacy Medication Management,** *20WAY S to Improve Patient Care & Pharmacy cost containment*, Summer 2013, p.9.
- [26]V. V. S. V. Krishna, A. Monisha, S. Sadulla and J. Prathiba, "**Design and implementation of an automatic beverages vending machine and its performance evaluation using Xilinx ISE and Cadence,**" Computing, Communications and Networking Technologies (ICCCNT),2013 Fourth International Conference on, Tiruchengode, 2013, pp. 1-6.
- [27]VAID, V., "**Comparison of different attributes in modeling a FSM based vending machine in 2 different styles,**" Embedded Systems (ICES), 2014 International Conference on, Coimbatore, 2014, pp. 18-21.

ANEXO A - CÁLCULOS DE FREQUÊNCIA NATURAL DO MECANISMO

O estudo da rigidez foi baseado na teoria de mecânica dos sólidos. As estimativas das frequências naturais críticas foram feitas a partir dos cálculos baseados simplificadamente nas partes críticas da estrutura. Considerou-se a situação crítica de vibração: mesa horizontal com o sistema de ventosa no centro, gerando a maior flecha na direção vertical. Utilizou-se o modelo retratado abaixo, considerando a mesa horizontal como uma barra bi apoiada, com uma força em seu centro.



$$\delta_{guia} = \frac{F \times L_{guia}^3}{48 \times E \times I_{guia}}$$

$$I_{guia} = \frac{\pi \times r_{guia}^4}{4}$$

$$k = \frac{F}{\delta_{guia}}$$

$$k = \frac{12 \times E \times \pi \times r_{guia}^4}{L_{guia}^3}$$

$$w = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

$$w = \sqrt{\frac{k_{guia}}{M_v + M_{guia}}}$$

$$w = 20,3 \text{ Hz}$$

$$E = 75 \text{ GPa}$$

$$L_{guia} = 0,432 \text{ m}$$

$$r_{guia} = 4 \text{ mm}$$

$$M = M_{guia} + M_v$$

$$M_{guia} = 0,420 \text{ Kg}$$

$$M_v = 0,130 \text{ Kg}$$

O valor encontrado foi de 20,3 Hz. A princípio este valor é um pouco baixo, entretanto a modelagem realizada não considera que existem dois eixos horizontais, o que aumenta expressivamente o valor da frequência natural calculado, já que o impacto do aumento de raio do eixo é de quarta ordem.

No caso de uma aproximação transformando os dois eixos em um único eixo, com a área seção vertical sendo a soma dos dois existentes (aumenta-se o raio de forma que a área da seção vertical seja duas vezes a inicial, passando de 4mm para 5,7mm), a frequência passaria a ser aproximadamente **40,7 Hz**, um valor aceitável para as necessidades do projeto em questão.

ANEXO B - LISTA DE PEÇAS

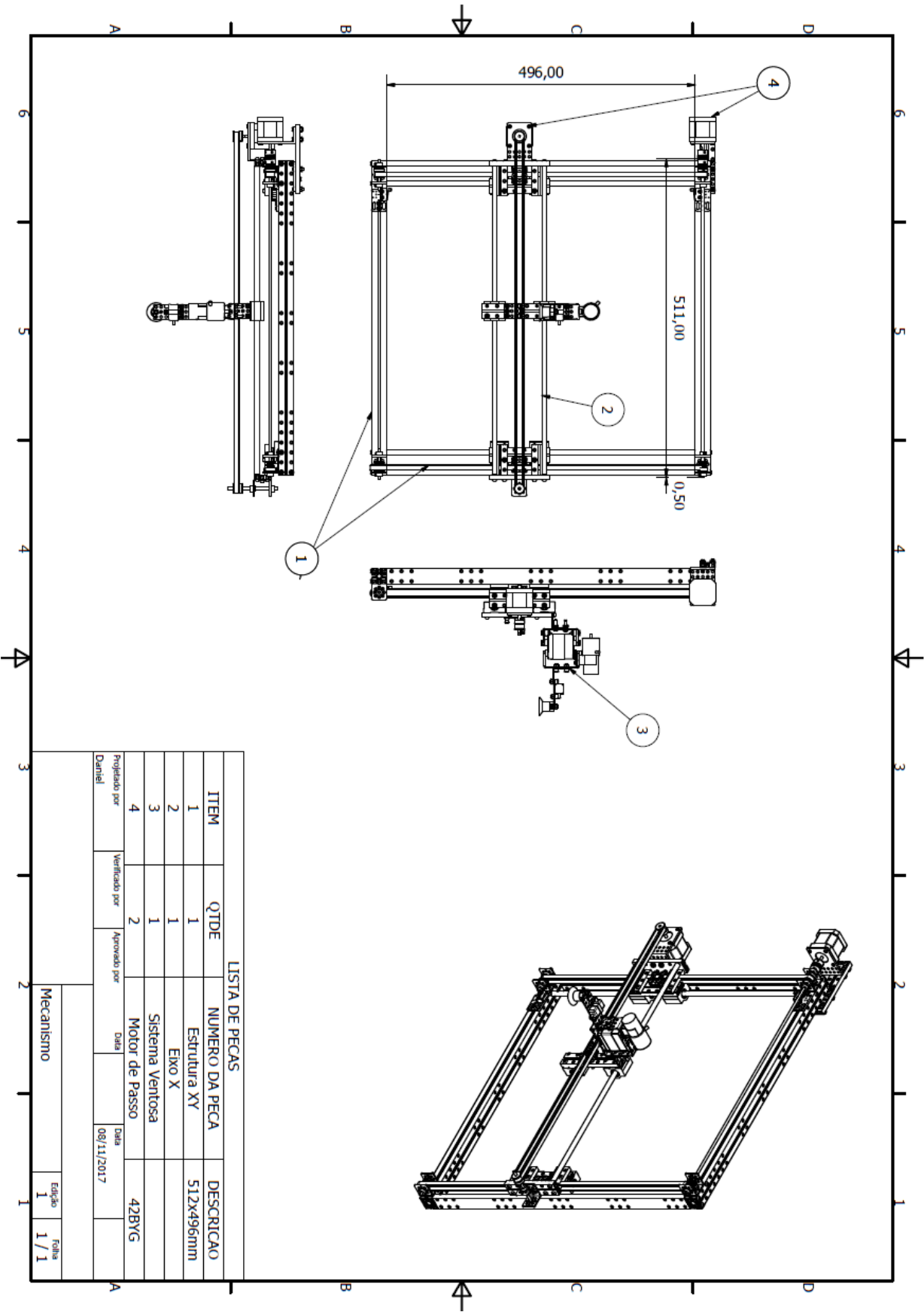
Qnt	Item	Price (R\$)
1	Air Pump Motor - DC 12V/370-02PM	46,44
1	Beam 0808-96	10,80
3	Beam 0824-128	86,40
1	Beam 0824-144	21,60
2	Beam 0824-496	108,00
3	Beam 0824-80	54,00
1	Beam 0824-96	16,20
18	Bracket 3x3	170,10
2	Bracket 3x6	24,30
25	Countersunk Screw M3x8	2,70
1	Cross Screwdriver	13,50
5	Drawer	50,00
4	Flange Bearing 4x8x3mm	21,60
1	General Bracket	13,50
8	Headless Set Screw M3x5	10,80
4	Linear Motion Shaft D8x480	48,60
6	Linear Motion Slide Unit 8mm	108,00
3	Link Rod	77,14
1	MEDS150 Servo Motor	162,00
1	MEDS150 Servo Motor Bracket	48,60
20	Nut M4	10,80
15	Nylon Cable Ties	1,54
40	Nylong Lock Nut M4	13,50
1	Open-end Timing Belt (3m)	64,80
25	Plastic Ring 4x7x2mm	21,60
10	Plastic Ring 4x8x1mm	21,60
30	Plastic Rivet 4120	21,60
6	Plate 3x6	40,50
1	Proximity Sensor	37,00
1	Raspberry Pi 3 Model B A1.2GHz 64-bit quad-core ARM v8 CPU, 1GB RAM	194,40
1	Raspberry Pi 7" Touchscreen Case	151,20
1	Raspberry Pi 7" Touchscreen Display	378,00
60	Screw M4x14	16,20
3	Screw M4x8	16,20
2	Screwdriver 1.5mm	13,50
1	Screwdriver 3mm	13,50

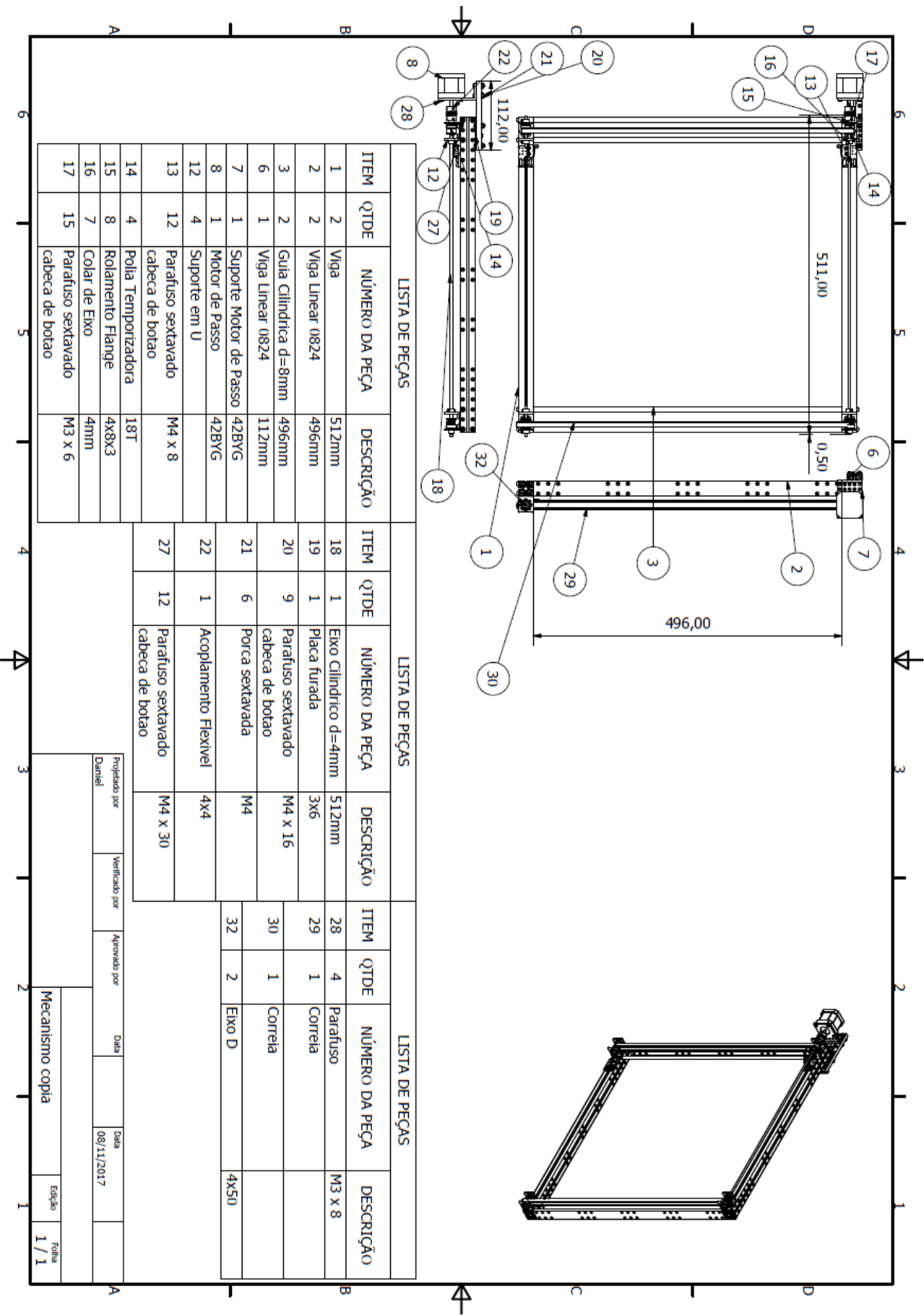
3	Shaft Collar 4mm	32,40
2	Shaft Connector-4	21,60
2	Silicone Air Tube 0305	3,09
3	Solenoid Lock 12V	105,00
1	Solenoid Valve DC 12V/0520E	21,60
1	Solenoid-12V	21,60
2	Srew M4x30	10,80
2	Stepper Motor	216,00
2	Stepper Motor Bracket	75,60
3	Threaded Shaft 4x39mm	21,60
4	Timing Pulley 90T	16,20
8	Timing Pulley Slice 90T	12,42
1	Vacuum Suction Cup - SP-30	10,80
1	Vacuum Suction Cup Connector Holder	28,08
TOTAL		R\$ 2707,01

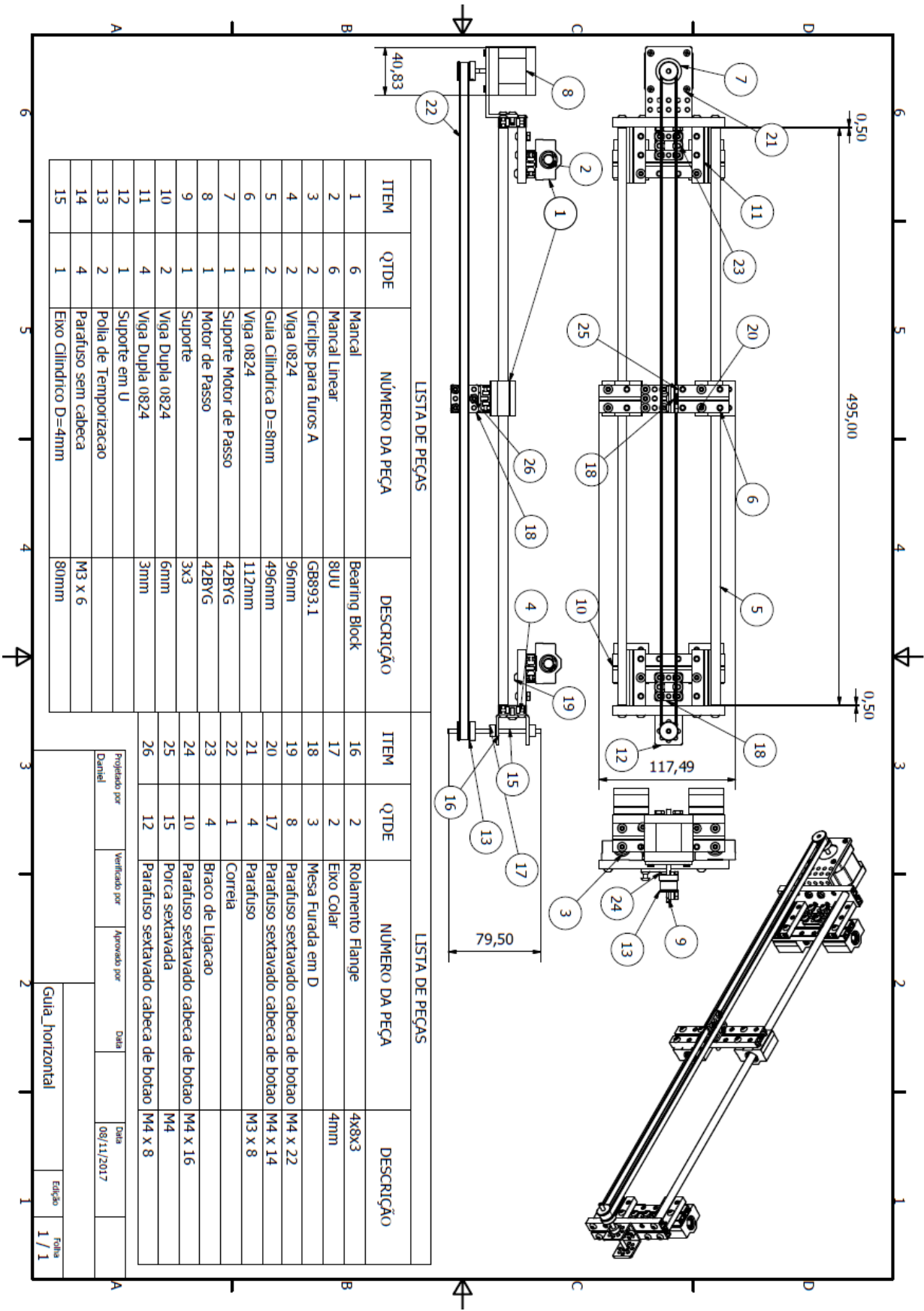
*Exchange rate 1 USD = 3,30 BRL as of 6th of July
2017

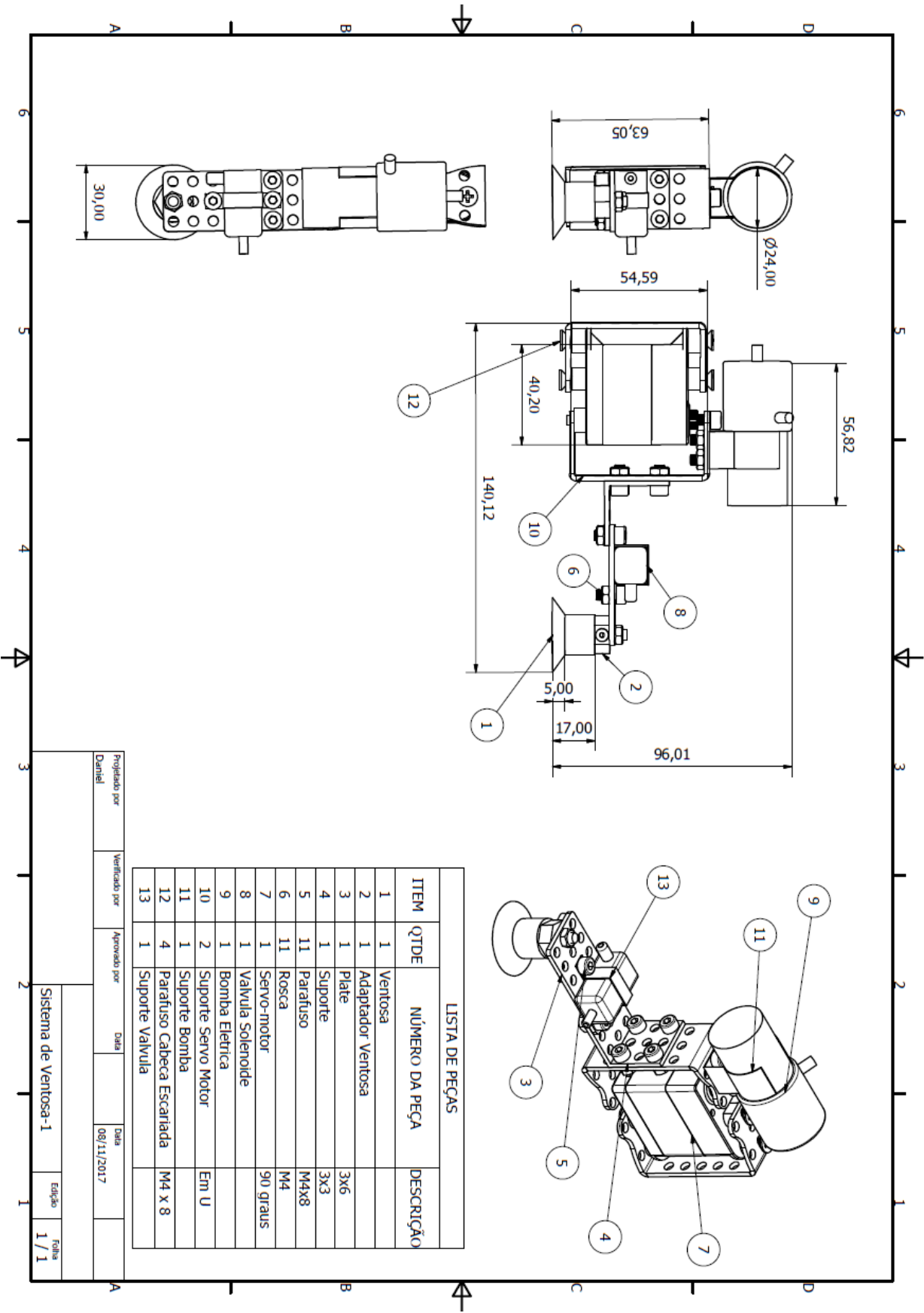
*Customs duty already included

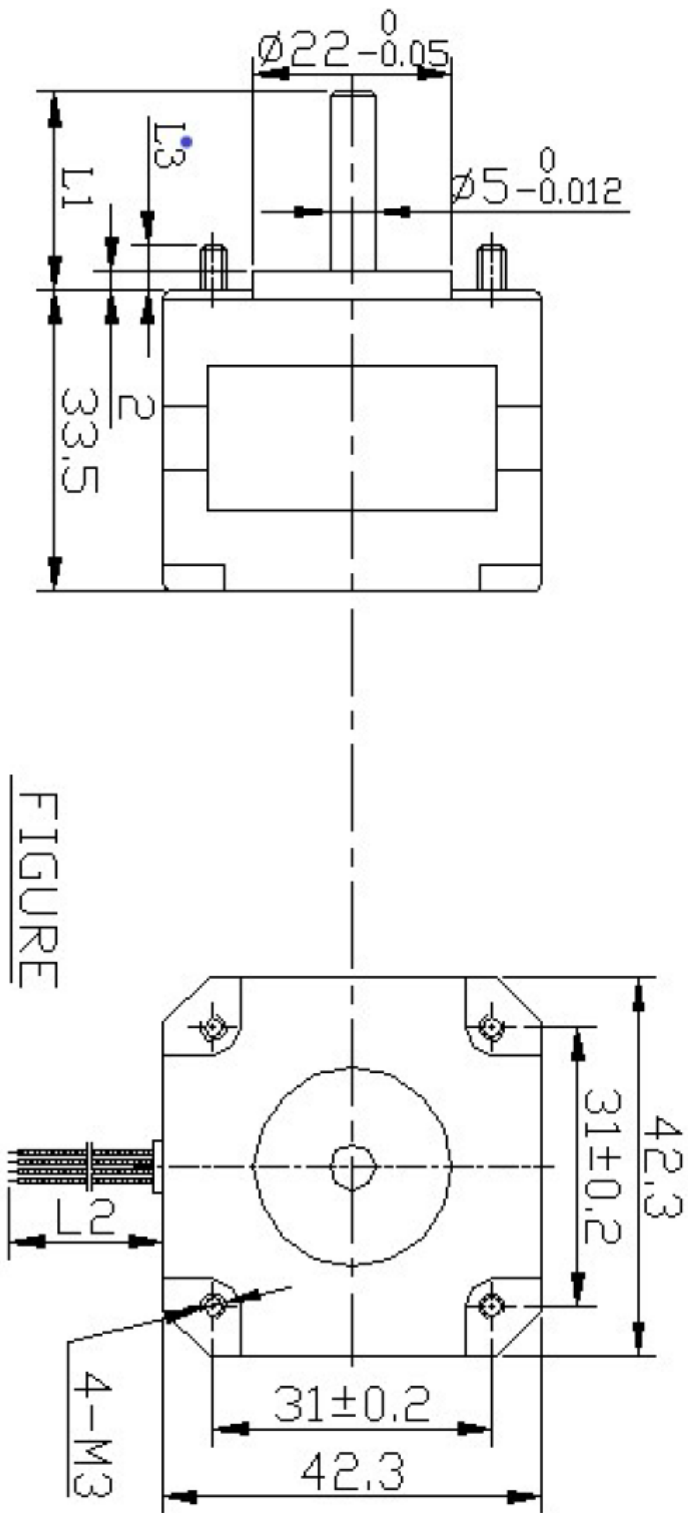
ANEXO C – DESENHOS DE CONJUNTO







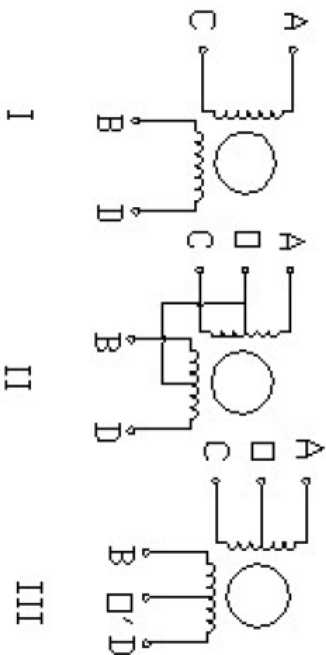




FIGURE

Step Angle	0.9/18 Dec.
Insulation Resistance	500V DC 100MΩ Min
End Play	0.1-0.3
Radial Play	0.02mm Max
Temperature Rise	75K Max
Dielectric Strength	(500V-950V) 50Hz 1Min
Ambient Temperature	-22~+55℃

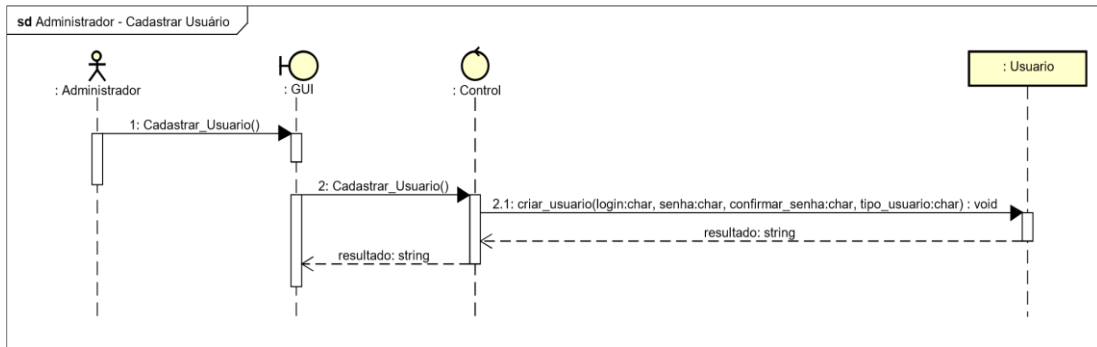
SPECIFICATIONS



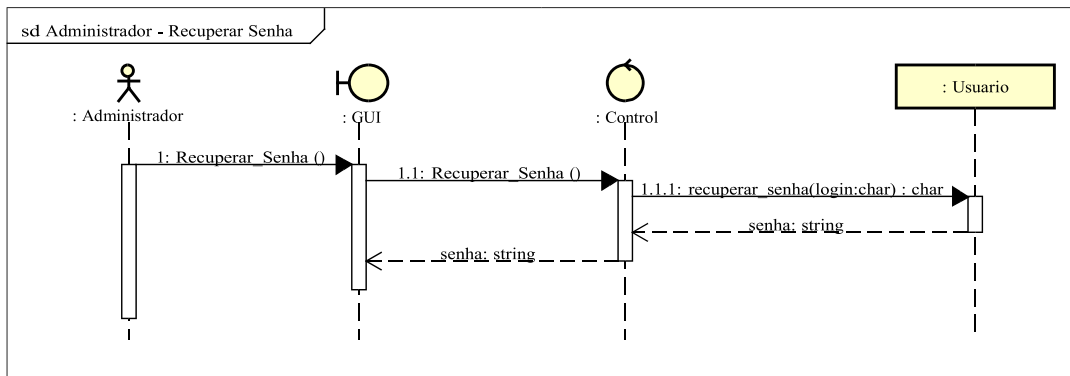
WIRING DIAGRAM

ANEXO D – DIAGRAMAS DE SEQUÊNCIA

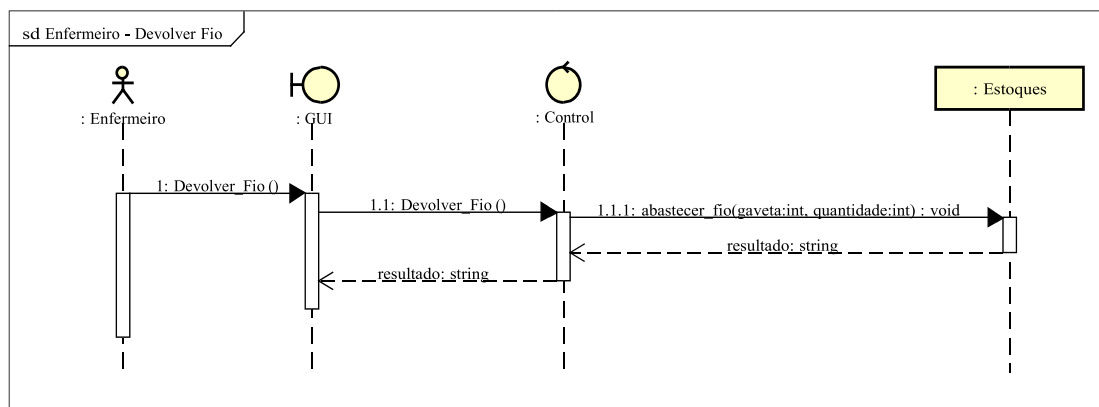
- Administrador - Cadastrar Usuário



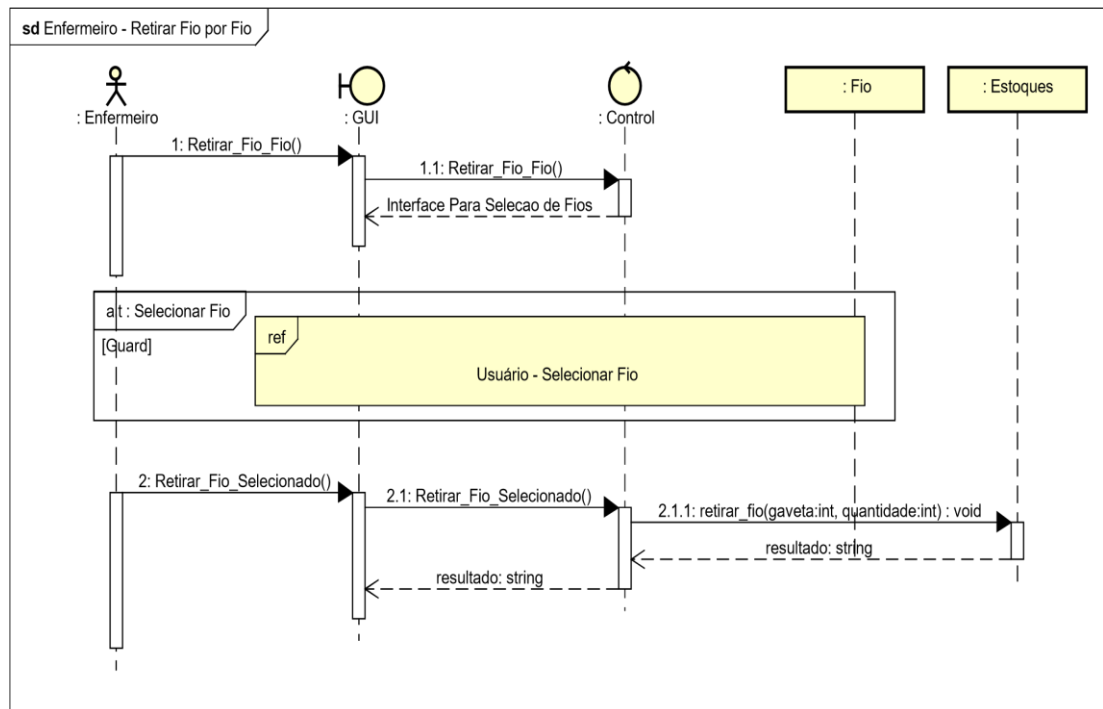
- Administrador - Recuperar Senha



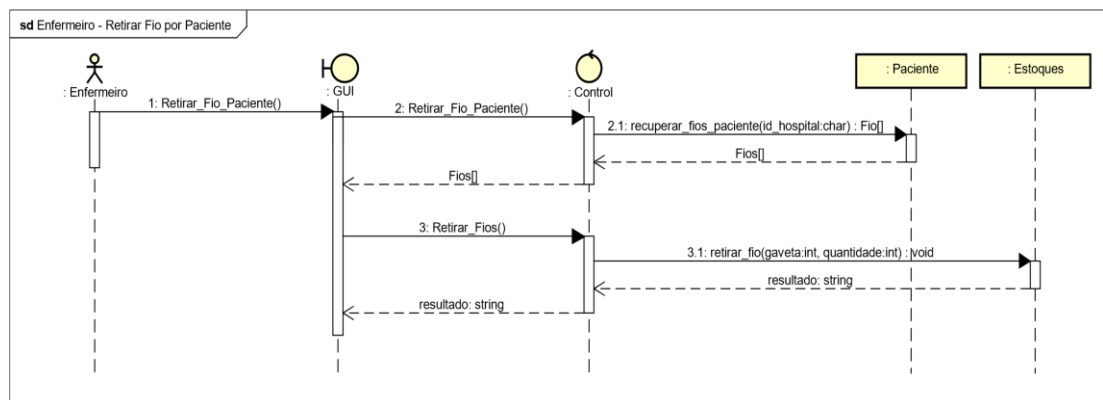
- Enfermeiro - Devolver Fio



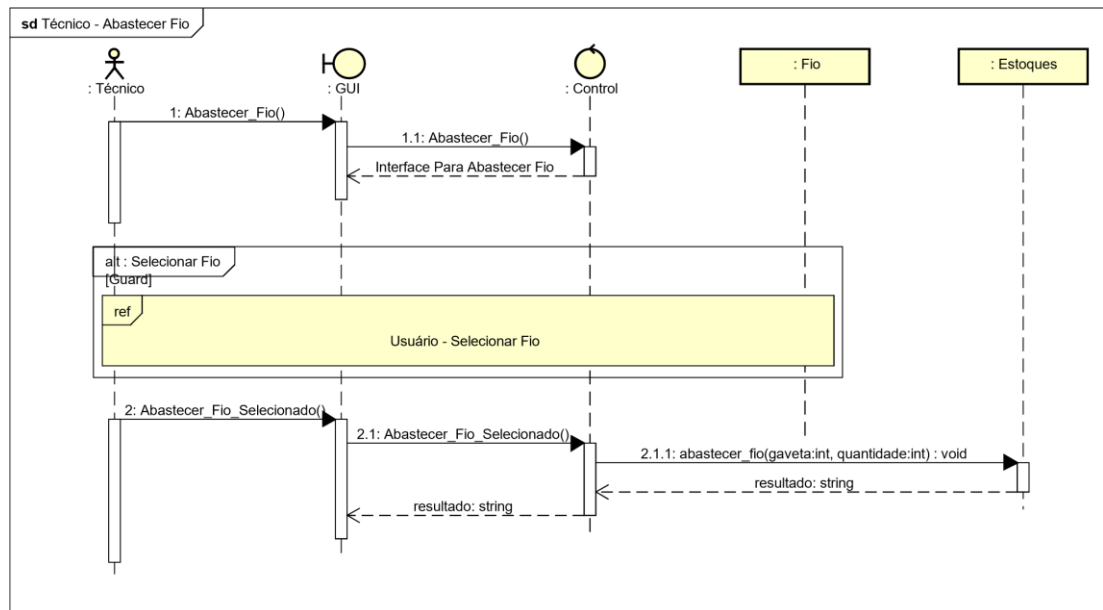
- Enfermeiro - Retirar Fio por Fio



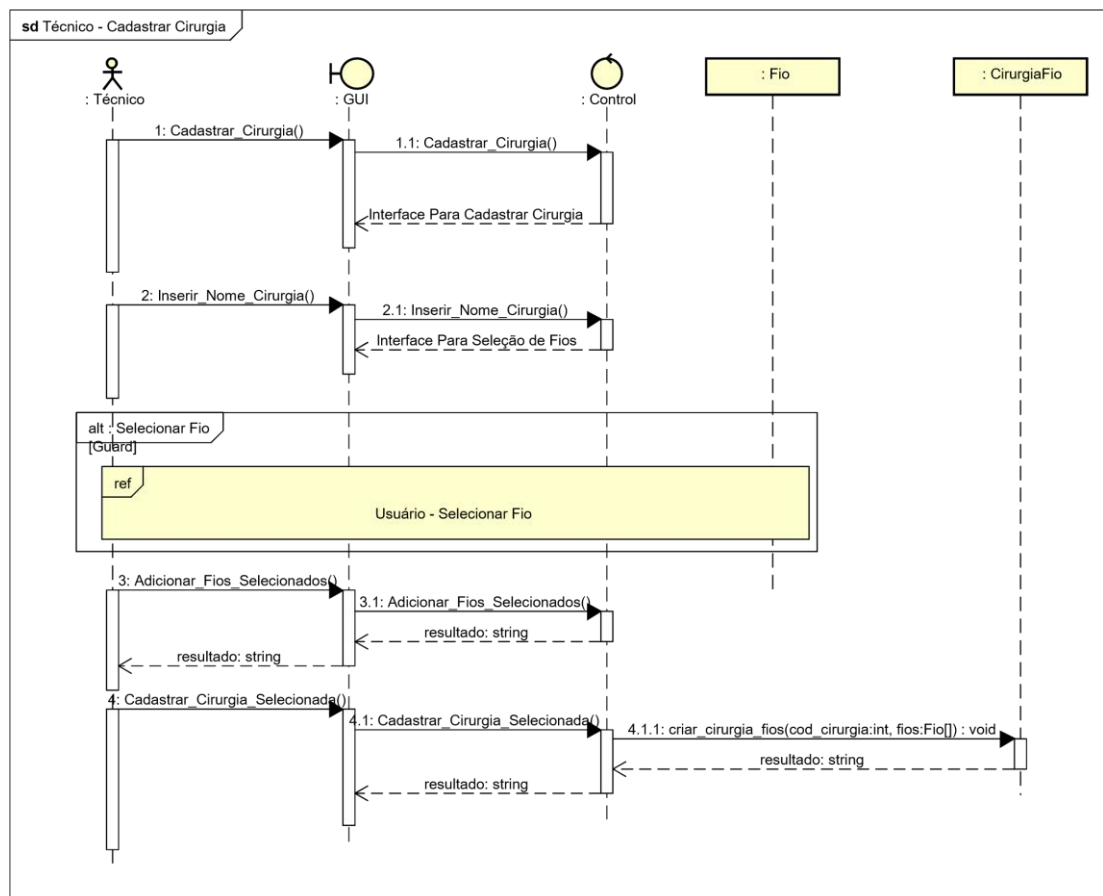
- Enfermeiro - Retirar Fio por Paciente



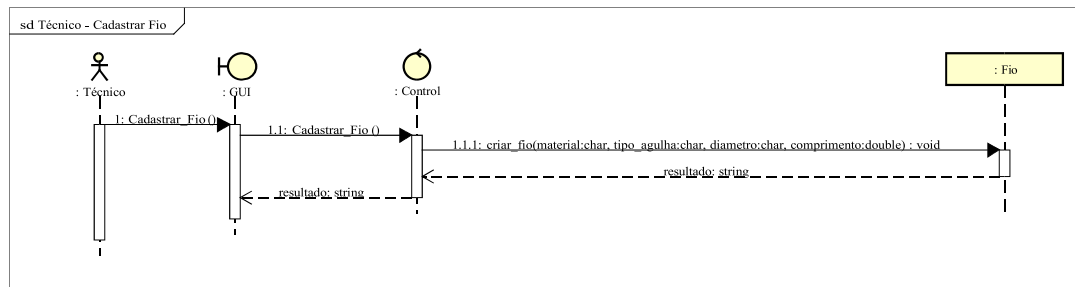
- Técnico - Abastecer Fio



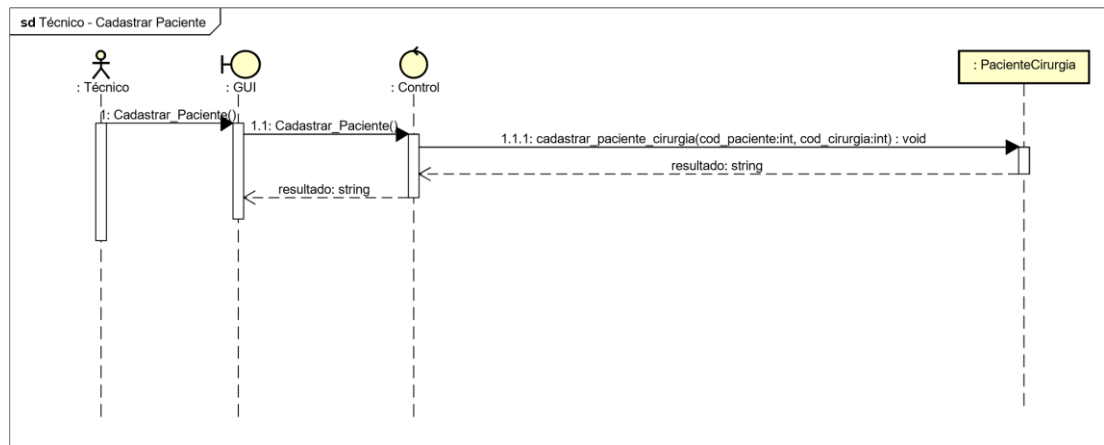
- Técnico - Cadastrar Cirurgia



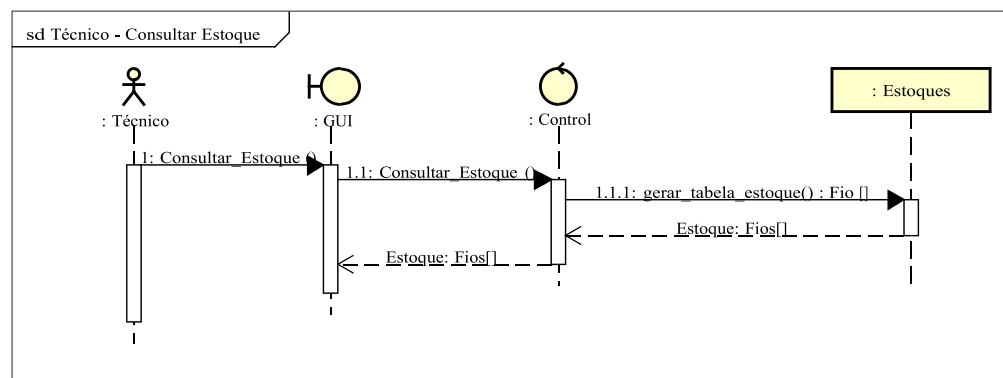
- Técnico - Cadastrar Fio



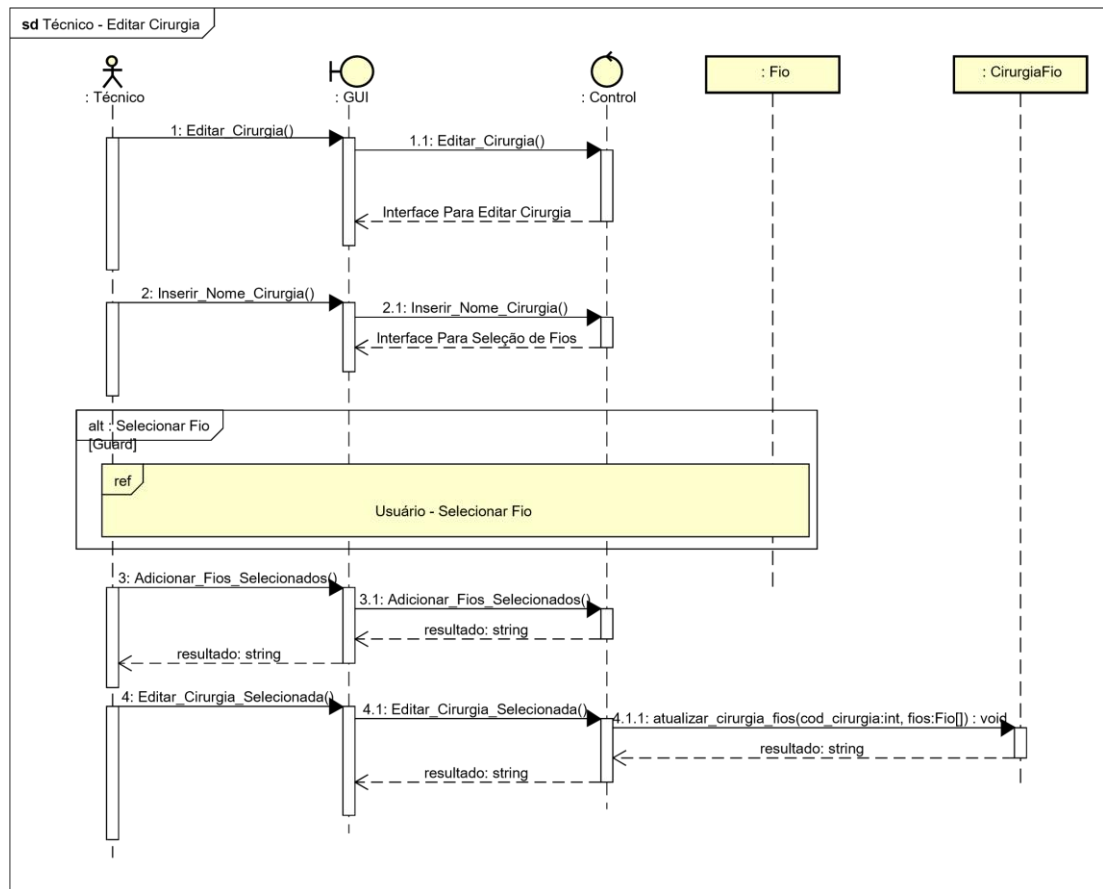
- Técnico - Cadastrar Paciente



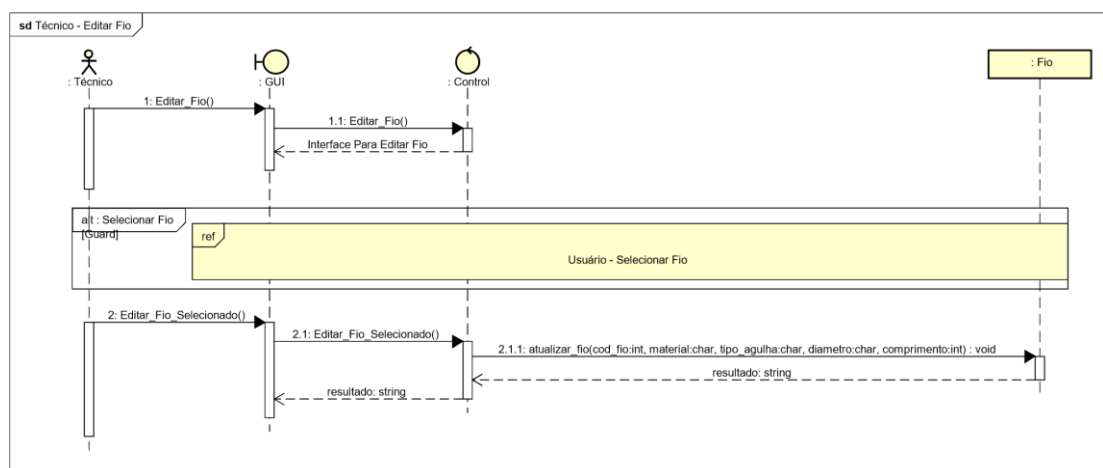
- Técnico - Consultar Estoque



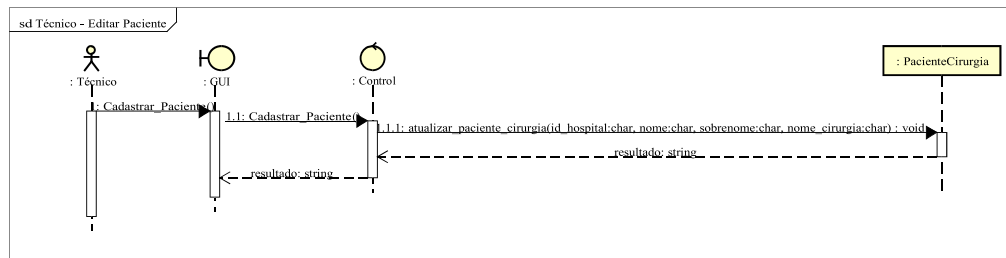
- Técnico - Editar Cirurgia



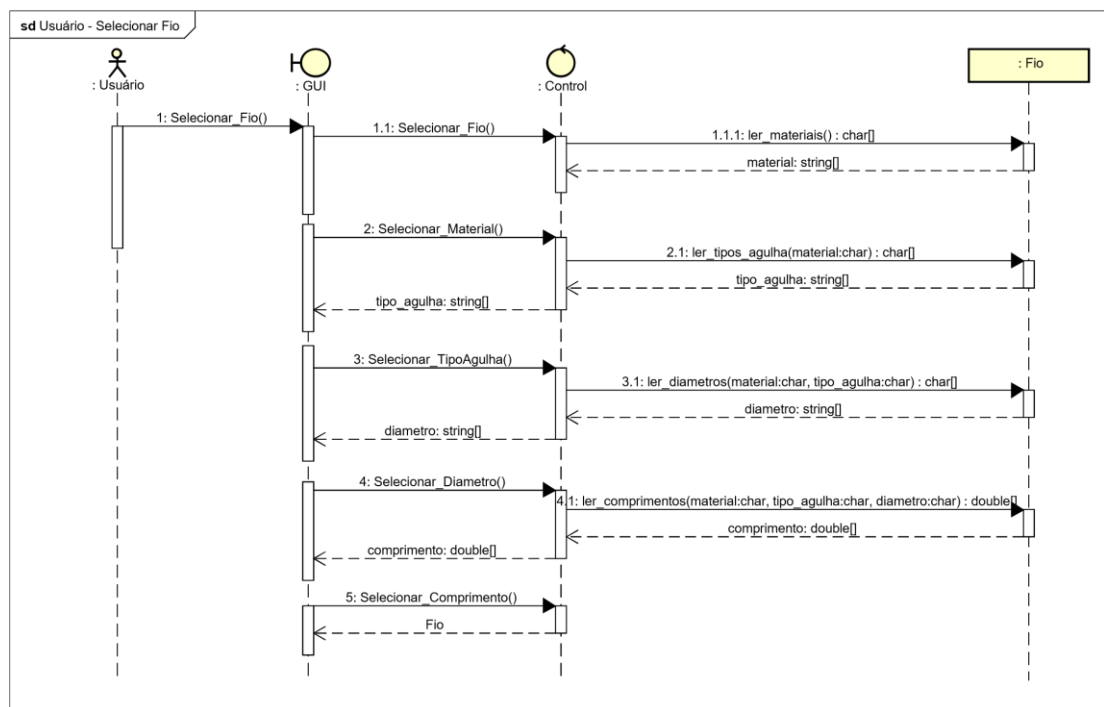
- Técnico - Editar Fio



- Técnico - Editar Paciente



- Usuário - Selecionar Fio



ANEXO E – MANUAL DE CASOS DE USO

1. REALIZAR LOGIN

1.1. BREVE DESCRIÇÃO

Realiza login no sistema.

1.2. ATORES

Administrador, Técnico e Enfermeiro.

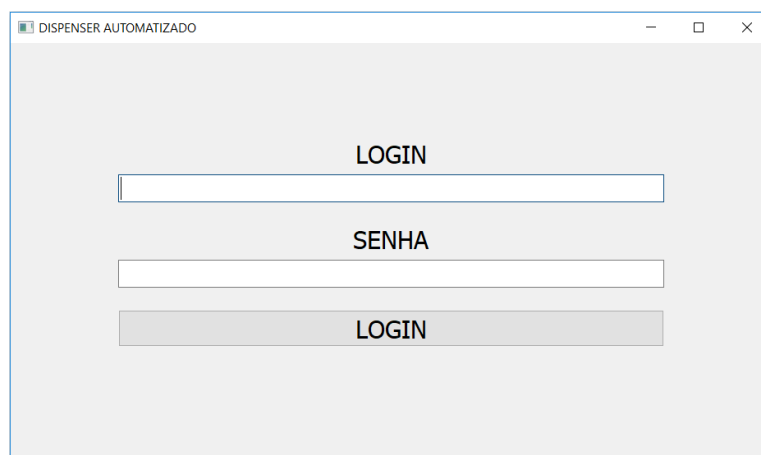
1.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Possuir cadastro no sistema.

1.4. FLUXO DE EVENTOS

1.4.1. Fluxo Básico

- Usuário insere “LOGIN” e “SENHA”.



A imagem mostra uma janela de aplicativo com o título "DISPENSER AUTOMATIZADO". No centro da janela, há um formulário de login. O formulário contém o seguinte:

- Um rótulo "LOGIN" posicionado acima de um campo de entrada de texto.
- Um rótulo "SENHA" posicionado acima de um segundo campo de entrada de texto.
- Um botão de submissão com o rótulo "LOGIN" na base do formulário.

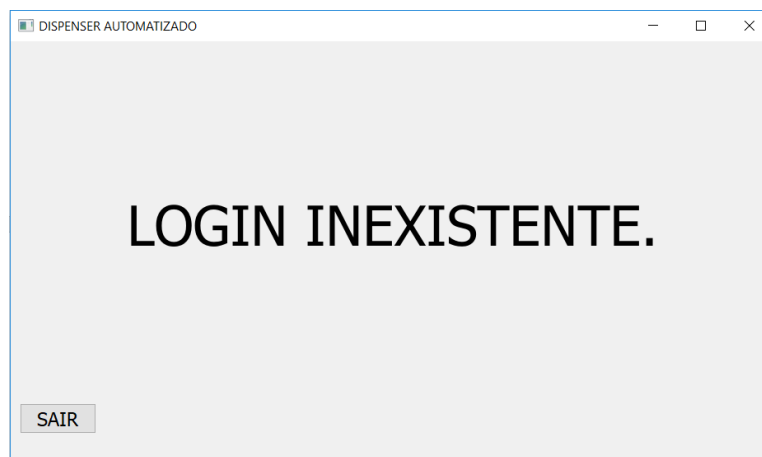
- Usuário seleciona “LOGIN”

- Login é realizado e usuário é redirecionado para a página principal do seu tipo de usuário.

1.4.2. Fluxos Alternativos

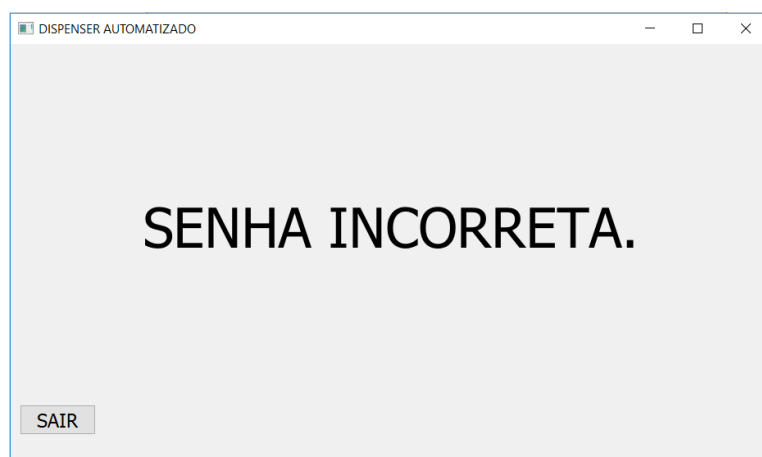
- Login inexistente

Usuário insere login não cadastrado no sistema.



- Senha incorreta

Usuário insere uma senha que não corresponde a senha correta do login.



1.5. PÓS-CONDIÇÕES

Usuário estará conectado no sistema.

2. CADASTRAR USUÁRIO

2.1. BREVE DESCRIÇÃO

Cadastrar um usuário novo no sistema.

2.2. ATORES

Administrador.

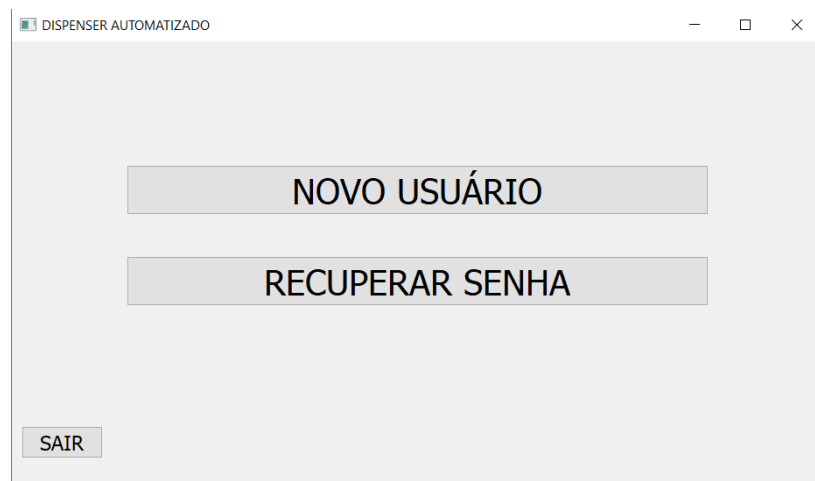
2.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Administrador estar logado no sistema.
- Não possuir cadastro no sistema com nome de usuário igual.

2.4. FLUXO DE EVENTOS

2.4.1. Fluxo Básico

- Usuário seleciona “NOVO USUÁRIO” na página inicial do Administrador.



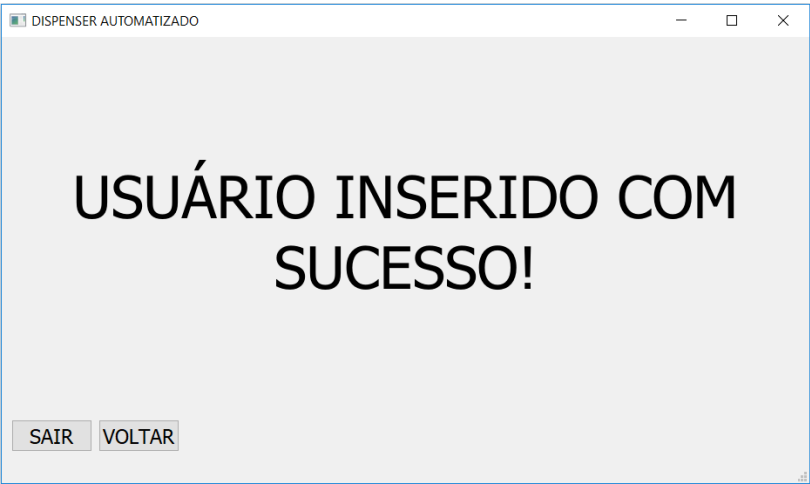
- Administrador preenche os campos “LOGIN”, “SENHA”, “CONFIRMAR SENHA” e “TIPO USUÁRIO”.



A interface de cadastro de usuário, intitulada "DISPENSER AUTOMATIZADO", apresenta os seguintes elementos:

- Campos de entrada para "LOGIN", "SENHA" e "CONFIRMAR SENHA".
- Um menu suspenso para "TIPO USUÁRIO" com a opção "Enfermeiro" selecionada.
- Um botão "CADASTRAR USUÁRIO" para submeter o formulário.
- Botões "SAIR" e "VOLTAR" na base da interface.

- Usuário preenche todos os campos e seleciona “CADASTRAR USUÁRIO”.
- Cadastro é completado e usuário é redirecionado para página de cadastro finalizado.

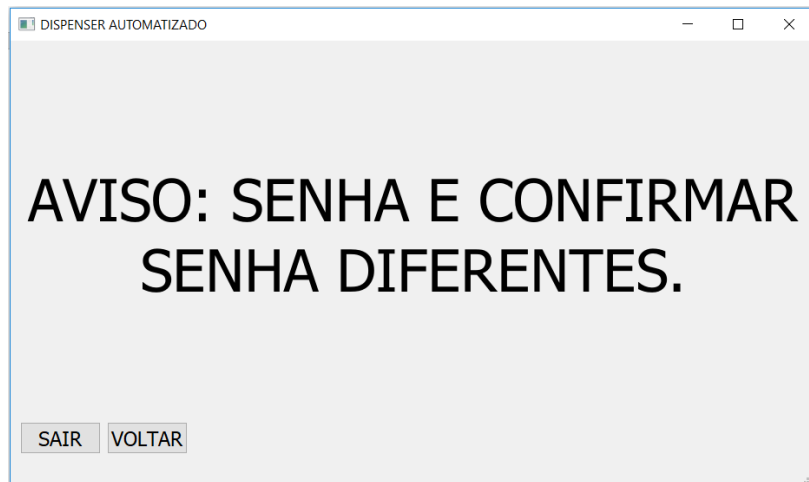


A interface de confirmação de cadastro, intitulada "DISPENSER AUTOMATIZADO", apresenta o seguinte elemento:

- Uma mensagem centralizada: "USUÁRIO INSERIDO COM SUCESSO!".
- Botões "SAIR" e "VOLTAR" na base da interface.

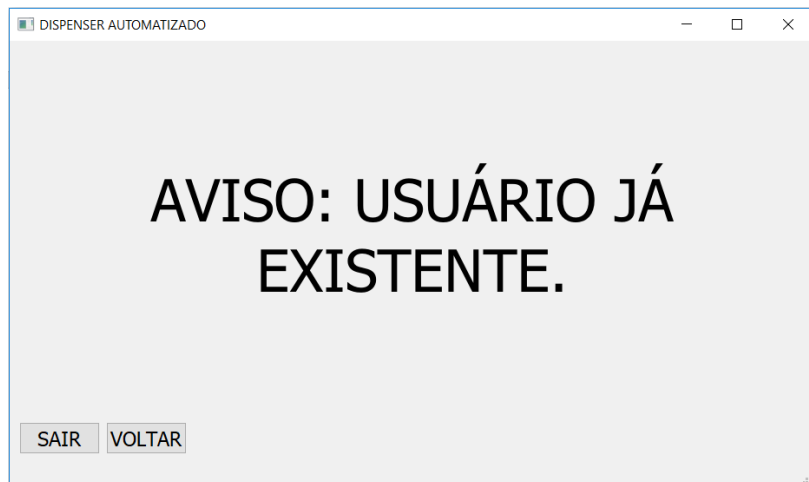
2.4.2. Fluxos Alternativos

- Senha não confirma
Usuário insere dois valores diferentes nos campos “SENHA” e “CONFIRMAR SENHA”.



- Nome de usuário já cadastrado

Usuário tenta se cadastrar com nome de usuário já existente no sistema.



2.5. PÓS-CONDIÇÕES

Cadastro incluído, se as regras de validação forem verificadas.

3. RECUPERAR SENHA

3.1. BREVE DESCRIÇÃO

Recupera a senha de um usuário cadastrado no sistema.

3.2. ATORES

Administrador.

3.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Administrador estar logado no sistema.
- Usuário do qual se deseja recuperar a senha deve estar cadastrado no sistema.

3.4. FLUXO DE EVENTOS

3.4.1. Fluxo Básico

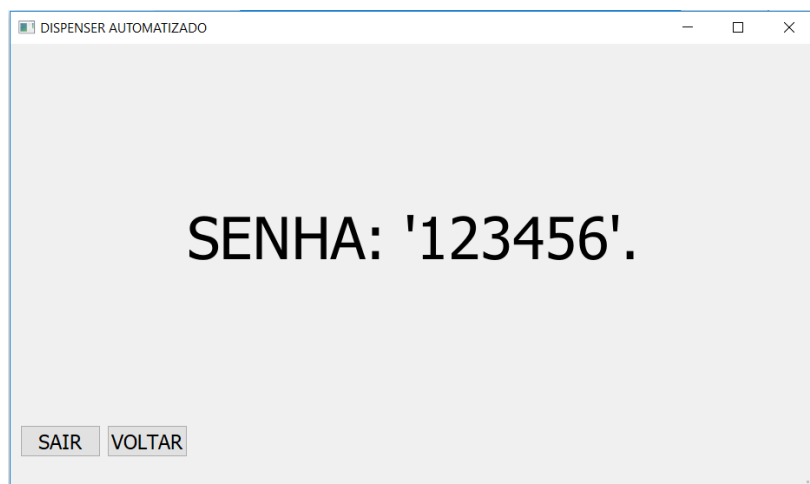
- Usuário seleciona “RECUPERAR SENHA” na página inicial do Administrador.



- Administrador preenche o campo “LOGIN” e seleciona “RECUPERAR SENHA”.

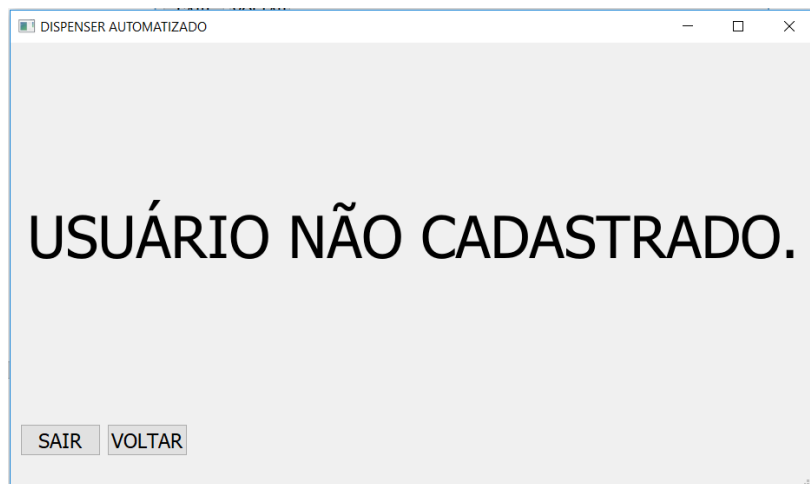


- Senha do usuário é impressa na tela.



3.4.2. Fluxos Alternativos

- Login não existente. Usuário insere login não existente para recuperar a senha.



3.5. PÓS-CONDIÇÕES

Senha recuperada.

4. RETIRAR FIO POR PACIENTE

4.1. BREVE DESCRIÇÃO

Retira os fios necessários para a cirurgia de um paciente específico.

4.2. ATORES

Enfermeiro.

4.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Enfermeiro estar logado no sistema.
- Enfermeiro possuir o ID_HOSPITAL do paciente em questão.

4.4. FLUXO DE EVENTOS

4.4.1. Fluxo Básico

- Usuário seleciona “RETIRAR FIO” na página inicial do Enfermeiro.



- Enfermeiro preenche o campo “CÓDIGO DO PACIENTE” e seleciona “BUSCAR”.

The screenshot shows a window titled "DISPENSER AUTOMATIZADO". It has two main sections: "POR PACIENTE" and "POR FIO".

POR PACIENTE

CÓDIGO DO PACIENTE

[Empty text box]

POR FIO

MATERIAL

[Dropdown menu]

TIPO DE AGULHA

[Dropdown menu]

DIÂMETRO DO FIO

[Dropdown menu]

COMPRIMENTO DO FIO

[Dropdown menu]

Buttons: SAIR, VOLTAR, BUSCAR

- Os fios sugeridos para a cirurgia do paciente são informados. O enfermeiro confirma as quantidades desejadas de cada um (valor inicial é a quantidade sugerida) e seleciona "RETIRAR FIOS".

The screenshot shows the same window, but now displaying a table titled "FIO DESEJADO".

MATERIAL	TIPO AGULHA	COMPRIMENTO	DIÂMETRO	QUANTIDADE
VICRYL	E-16	45.0	5-0	2
VICRYL	E-24	45.0	3-0	1

Buttons: SAIR, VOLTAR, RETIRAR FIOS

- É informado ao Enfermeiro os fios que estão sendo retirados.

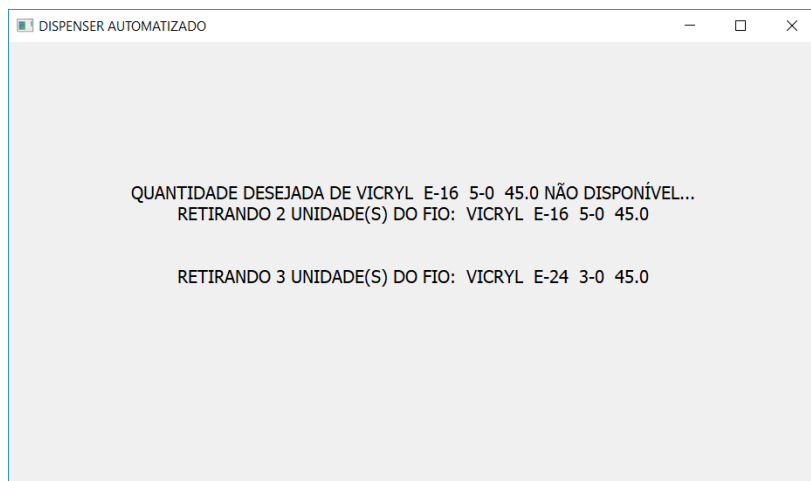
The screenshot shows the same window, but now displaying a confirmation message:

RETIRANDO 2 UNIDADE(S) DO FIO: VICRYL E-16 5-0 45.0

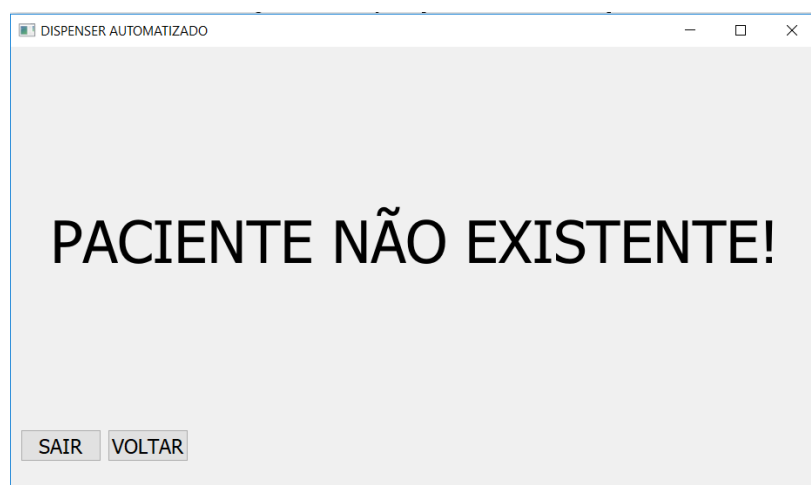
RETIRANDO 1 UNIDADE(S) DO FIO: VICRYL E-24 3-0 45.0

4.4.2. Fluxos Alternativos

- Caso algum deles não esteja em quantidade suficiente no estoque, todos os fios daquele tipo serão retirados e o enfermeiro será informado.



- “CÓDIGO DO PACIENTE” informado não existe.



4.5. PÓS-CONDIÇÕES

Fios desejados disponíveis na gaveta de retirada.

5. RETIRAR FIO POR INFORMAÇÕES DO FIO

5.1. BREVE DESCRIÇÃO

Retira um fio específico a partir de suas informações.

5.2. ATORES

Enfermeiro.

5.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Enfermeiro estar logado no sistema.

5.4. FLUXO DE EVENTOS

5.4.1. Fluxo Básico

- Usuário seleciona “RETIRAR FIO” na página inicial do Enfermeiro.



- Enfermeiro preenche os campos “MATERIAL”, “TIPO DE AGULHA”, “DIÂMETRO DO FIO” e “COMPRIMENTO DO FIO”. As sugestões que apareceram no *Dropdown*

refletem os fios disponíveis no estoque. Em seguida, o enfermeiro seleciona “BUSCAR”.

The screenshot shows a window titled "DISPENSER AUTOMATIZADO". It has two main sections: "POR PACIENTE" and "POR FIO".

POR PACIENTE

CÓDIGO DO PACIENTE

POR FIO

MATERIAL
MONOCRYL

TIPO DE AGULHA
PS-1 PRIME

DIÂMETRO DO FIO
3-0

COMPRIMENTO DO FIO
70.0

Buttons: SAIR, VOLTAR, and BUSCAR.

- O fio solicitado é confirmado. O enfermeiro informa a quantidade desejadas e seleciona “RETIRAR FIOS”.

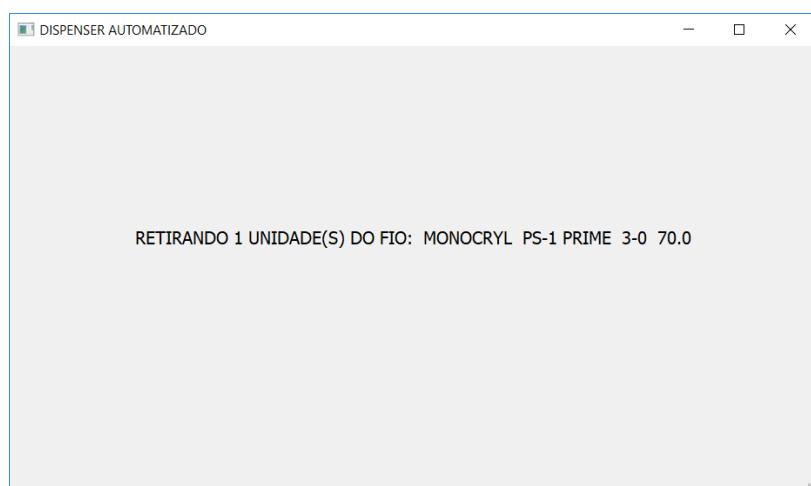
The screenshot shows the same window titled "DISPENSER AUTOMATIZADO", but now displaying the "FIO DESEJADO" section.

FIO DESEJADO

MATERIAL	TIPO AGULHA	DIÂMETRO	COMPRIMENTO	QUANTIDADE
MONOCRYL	PS-1 PRIME	3-0	70.0	1

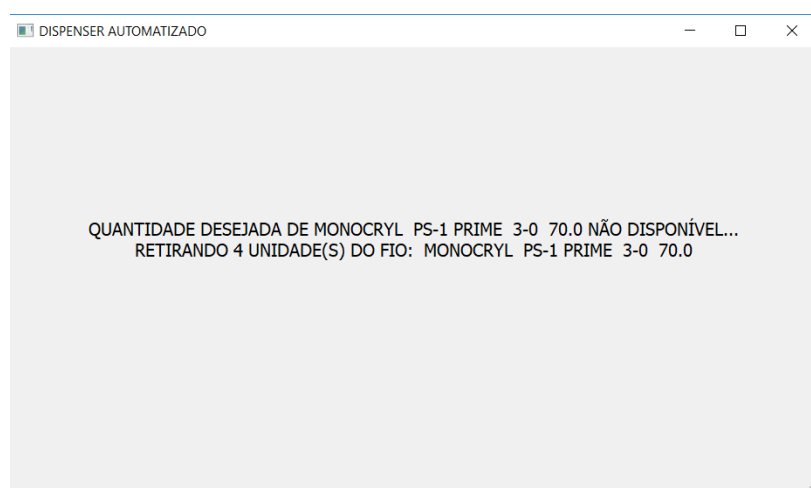
Buttons: SAIR, VOLTAR, and RETIRAR FIOS.

- É informado ao Enfermeiro os fios que estão sendo retirados.



5.4.2. Fluxos Alternativos

- Caso o fio não esteja em quantidade suficiente no estoque, todos os fios daquele tipo serão retirados e o enfermeiro será informado.



5.5. PÓS-CONDIÇÕES

Fio desejado disponível na gaveta de retirada.

6. DEVOLVER FIO

6.1. BREVE DESCRIÇÃO

Devolve à máquina os fios seleccionados pelo enfermeiro.

6.2. ATORES

Enfermeiro.

6.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Enfermeiro estar logado no sistema.

6.4. FLUXO DE EVENTOS

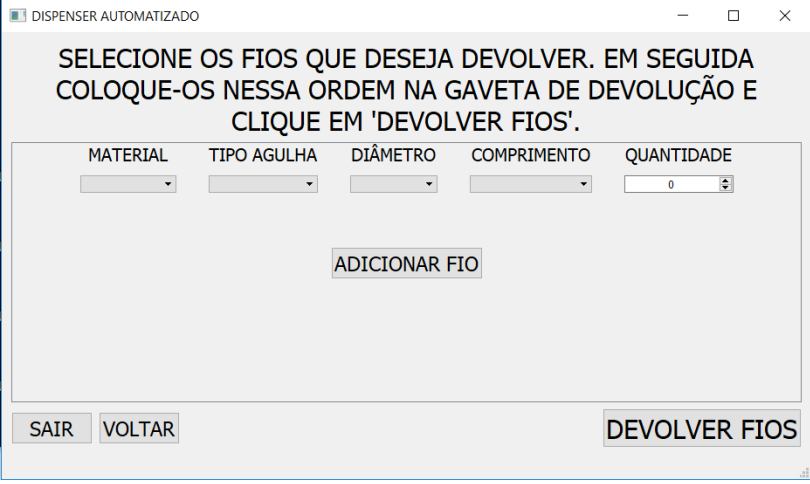
6.4.1. Fluxo Básico

- Usuário seleciona “DEVOLVER FIO” na página inicial do Enfermeiro.



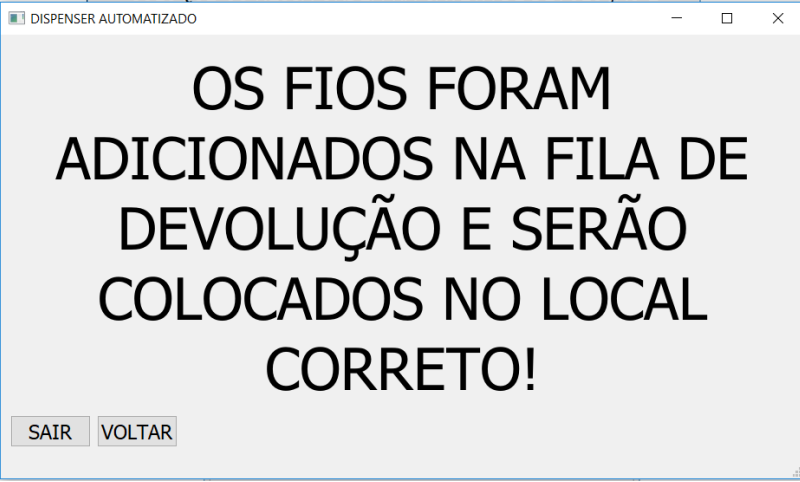
- Enfermeiro preenche os campos “MATERIAL”, “TIPO DE AGULHA”, “DIÂMETRO DO FIO”, “COMPRIMENTO DO FIO” e “QUANTIDADE”. As sugestões que

apareceram no *Dropdown* refletem os fios disponíveis no estoque. Em seguida, o enfermeiro seleciona “ADICIONAR FIO” para adicionar fio na lista de devolução.



The screenshot shows a window titled "DISPENSER AUTOMATIZADO". Inside, there is a text instruction: "SELECIONE OS FIOS QUE DESEJA DEVOLVER. EM SEGUIDA COLOQUE-OS NESTA ORDEM NA GAVETA DE DEVOLUÇÃO E CLIQUE EM 'DEVOLVER FIOS'." Below this instruction is a form with five fields: "MATERIAL", "TIPO AGULHA", "DIÂMETRO", "COMPRIMENTO", and "QUANTIDADE". Each field has a dropdown arrow. The "QUANTIDADE" field shows the value "0". Below the form is a button labeled "ADICIONAR FIO". At the bottom of the window are three buttons: "SAIR", "VOLTAR", and "DEVOLVER FIOS".

- Quando terminar de adicionar os fios, insere os fios na ordem informada na gaveta de devolução e seleciona a opção “DEVOLVER FIOS”. É informado que os fios serão devolvidos no local correto.



The screenshot shows the same window titled "DISPENSER AUTOMATIZADO". The main area now displays a large confirmation message: "OS FIOS FORAM ADICIONADOS NA FILA DE DEVOLUÇÃO E SERÃO COLOCADOS NO LOCAL CORRETO!". At the bottom left, there are two buttons: "SAIR" and "VOLTAR".

6.5. PÓS-CONDIÇÕES

Fios informados devolvidos no local correto.

7. ABASTECER FIO

7.1. BREVE DESCRIÇÃO

Permite um abastecimento mais rápido inserindo os fios direto na gaveta do fio correspondente.

7.2. ATORES

Técnico.

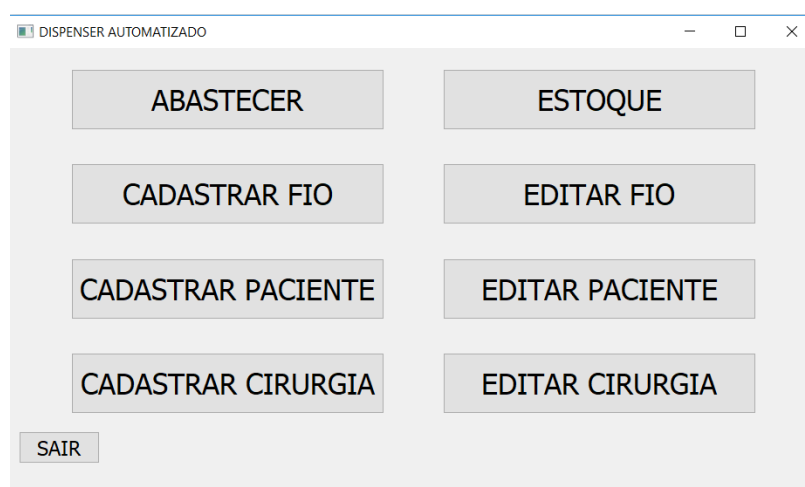
7.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Técnico estar logado no sistema.
- Técnico possuir os fios para abastecimento.

7.4. FLUXO DE EVENTOS

7.4.1. Fluxo Básico

- Usuário seleciona “ABASTECER” na página inicial do Técnico.



- Técnico preenche os campos “MATERIAL”, “TIPO DE AGULHA”, “DIÂMETRO DO FIO”, “COMPRIMENTO DO FIO” e “QUANTIDADE”. As sugestões que apareceram

no *Dropdown* refletem os fios disponíveis no estoque. Em seguida, o enfermeiro seleciona “ABASTECER FIO”.

- É informado que a gaveta para abastecimento foi desbloqueada, e o técnico insere os fios dentro dela.

7.4.2. Fluxos Alternativos

- Caso o fio à ser abastecido não esteja cadastrado e não apareça no *Dropdown* o técnico pode selecionar o botão “CADASTRAR NOVO FIO” e seguir o fluxo desse caso de uso.

7.5. PÓS-CONDIÇÕES

Gaveta referente ao fio informado abastecida

8. CADASTRAR FIO

8.1. BREVE DESCRIÇÃO

Permite o cadastro de um novo fio em uma gaveta que esteja livre.

8.2. ATORES

Técnico.

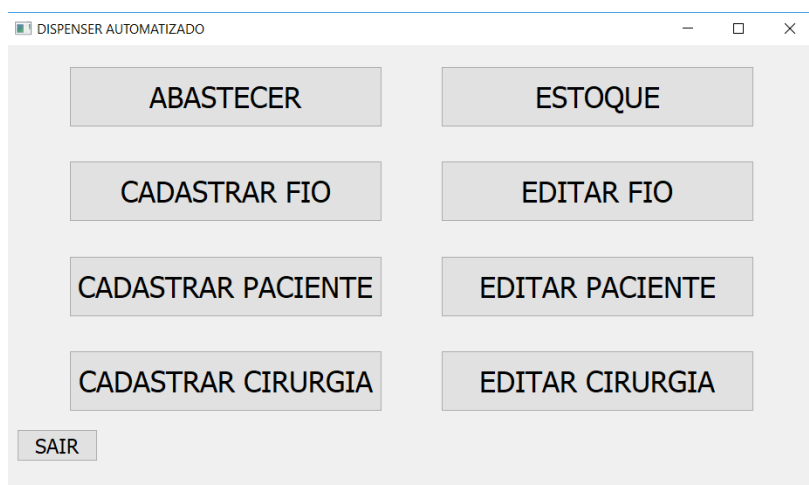
8.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Técnico estar logado no sistema.
- Existir gavetas livres para o cadastramento de um novo fio.

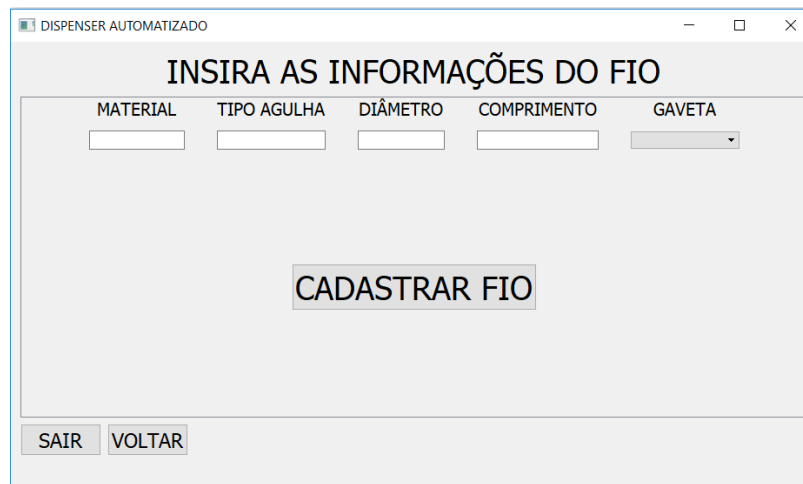
8.4. FLUXO DE EVENTOS

8.4.1. Fluxo Básico

- Usuário seleciona “CADASTRAR FIO” na página inicial do Técnico (ou pela tela de “ABASTECER” como explicado no item 7).

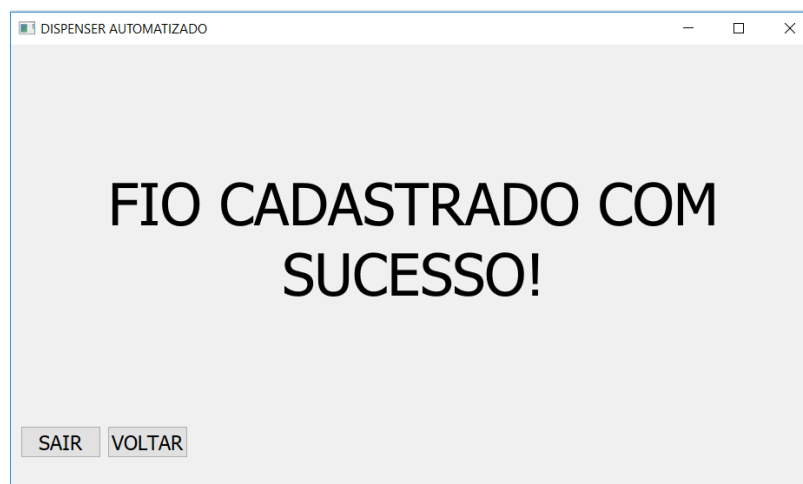


- Técnico preenche os campos “MATERIAL”, “TIPO DE AGULHA”, “DIÂMETRO DO FIO” e “COMPRIMENTO DO FIO” e seleciona em qual “GAVETA” vai cadastrar o fio. Aparecerão apenas as gavetas livres, ou seja, sem fio cadastrado.



The screenshot shows a window titled "DISPENSER AUTOMATIZADO". Inside, there is a form titled "INSIRA AS INFORMAÇÕES DO FIO". The form contains five input fields: "MATERIAL", "TIPO AGULHA", "DIÂMETRO", "COMPRIMENTO", and "GAVETA". The "GAVETA" field is a dropdown menu. Below the input fields is a large button labeled "CADASTRAR FIO". At the bottom of the window, there are two buttons: "SAIR" and "VOLTAR".

- É informado que o fio foi cadastrado com sucesso.



The screenshot shows the same window titled "DISPENSER AUTOMATIZADO". The main area of the window now displays the message "FIO CADASTRADO COM SUCESSO!" in large, bold, black letters. At the bottom, the "SAIR" and "VOLTAR" buttons are still present.

8.5. PÓS-CONDIÇÕES

Fio cadastrado na gaveta informada.

9. EDITAR FIO

9.1. BREVE DESCRIÇÃO

Permite a edição de um fio cadastrado em alguma gaveta.

9.2. ATORES

Técnico.

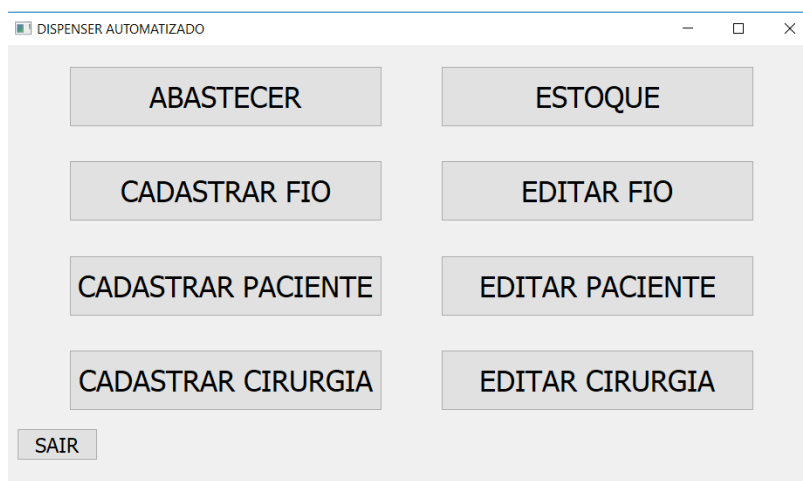
9.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Técnico estar logado no sistema.
- Existir gavetas com fios cadastrados para serem editados.

9.4. FLUXO DE EVENTOS

9.4.1. Fluxo Básico

- Usuário seleciona “EDITAR FIO” na página inicial do Técnico.



- Técnico preenche os campos “MATERIAL”, “TIPO DE AGULHA”, “DIÂMETRO DO FIO” e “COMPRIMENTO DO FIO”. As sugestões que apareceram no *Dropdown*

refletem os fios disponíveis no estoque. Em seguida, o técnico seleciona “EDITAR FIO” para adicionar fio.

DISPENSER AUTOMATIZADO

SELECIONE O FIO QUE DESEJA EDITAR

MATERIAL	TIPO AGULHA	DIÂMETRO	COMPRIMENTO

EDITAR FIO

SAIR VOLTAR

- Técnico preenche os campos “MATERIAL”, “TIPO DE AGULHA”, “DIÂMETRO DO FIO” e “COMPRIMENTO DO FIO” e seleciona em qual “QUANTIDADE” de fios existentes. Em seguida seleciona “SALVAR ALTERAÇÕES”.

DISPENSER AUTOMATIZADO

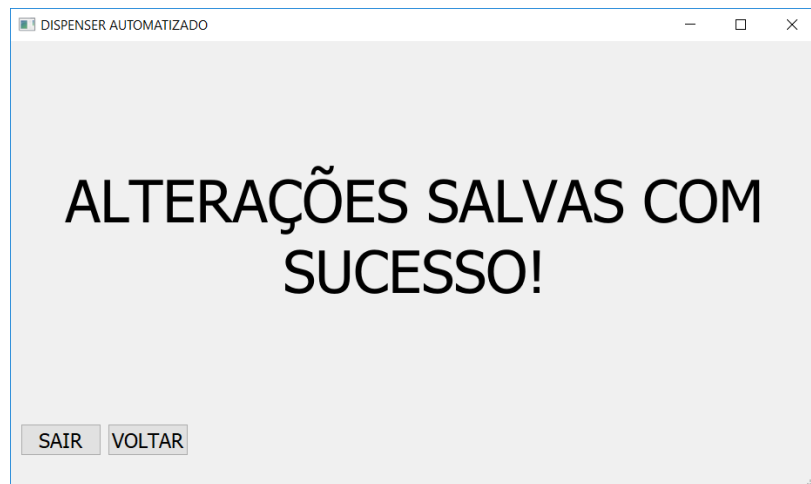
INSIRA AS NOVAS INFORMAÇÕES DO FIO

MATERIAL	TIPO AGULHA	DIÂMETRO	COMPRIMENTO	QUANTIDADE
MONOCRYL	PS-1 PRIME	3-0	70.0	4

SALVAR ALTERAÇÕES

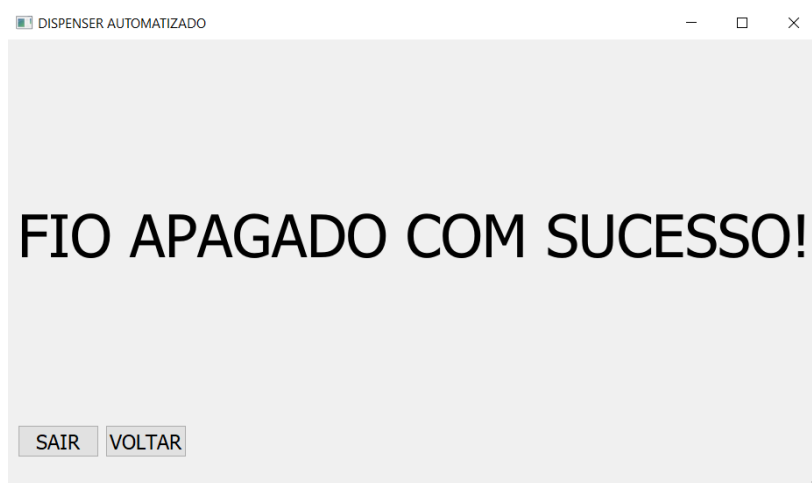
SAIR VOLTAR APAGAR FIO

- É informado que as alterações foram salvas com sucesso.



9.4.2. Fluxos Alternativos

- Caso o técnico deseje apagar o fio da gaveta basta selecionar “APAGAR FIO”. Ele receberá a informação de que o fio foi apagado com sucesso e a gaveta é liberada para o cadastro de um novo fio.



9.5. PÓS-CONDIÇÕES

Fio desejado editado ou apagado.

10. CONSULTAR ESTOQUE

10.1. BREVE DESCRIÇÃO

Permite a consulta do estoque para verificar que fios estão cadastrados em que gaveta e em que quantidade.

10.2. ATORES

Técnico.

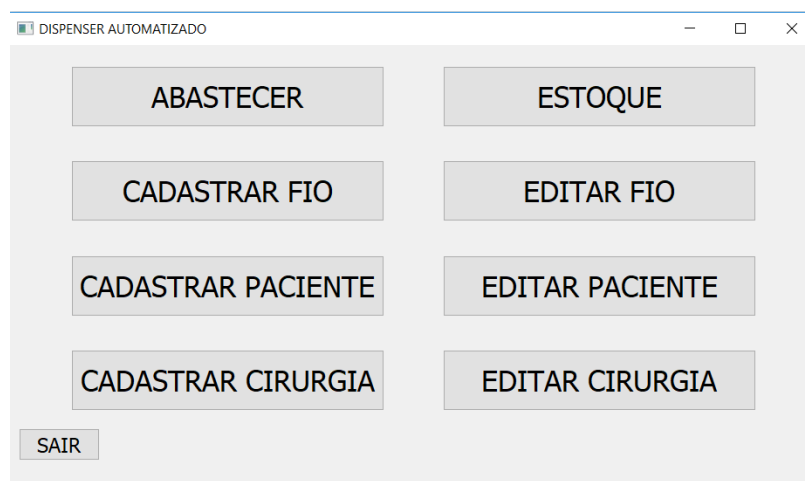
10.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Técnico estar logado no sistema.

10.4. FLUXO DE EVENTOS

10.4.1. Fluxo Básico

- Usuário seleciona “ESTOQUE” na página inicial do Técnico.



- O estoque é impresso na tela do técnico.



GAVETA	MATERIAL	TIPO AGULHA	DIÂMETRO	COMPRIMENTO	QUANTIDADE
1	VICRYL	CT-1 PLUS	2-0	70.0	1
2	VICRYL	E-16	5-0	45.0	0
3	VICRYL	E-24	3-0	45.0	6
4	VICRYL	OS-6	1-0	70.0	2
5	VICRYL PLUS	RB-1	4-0	70.0	1
6	VICRYL PLUS	OS-6	1-0	70.0	2
7	CAPROFYL	MH PLUS	3-0	70.0	6
8	CAPROFYL	MH PLUS	2-0	70.0	15
9	CAPROFYL	MH PLUS	1-0	70.0	12
10	MONOCRYL	PS-2 PRIME	4-0	70.0	10
11	MONOCRYL	PS-2 PRIME	3-0	70.0	8
12	MONOCRYL	PS-2 PRIME	4-0	45.0	12

SAIR VOLTAR

10.5. PÓS-CONDIÇÕES

Técnico consulta o estoque.

11. CADASTRAR CIRURGIA

11.1. BREVE DESCRIÇÃO

Permite cadastrar uma nova cirurgia, com os fios sugeridos e quantidades sugeridas.

11.2. ATORES

Técnico.

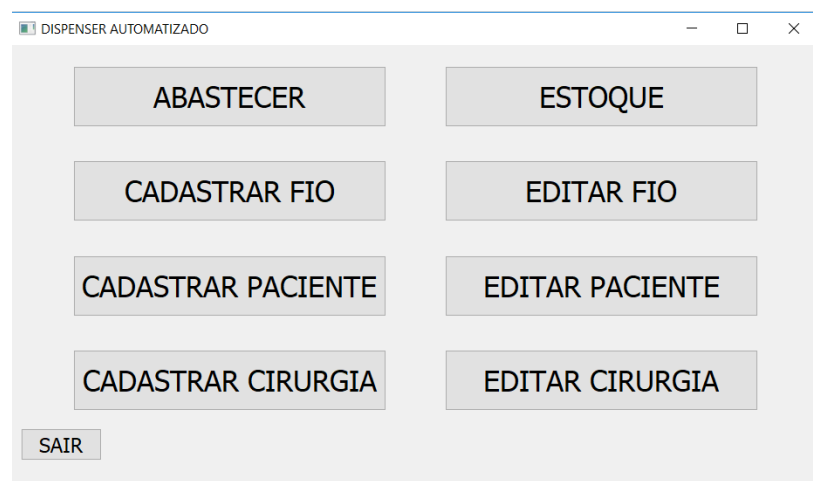
11.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Técnico estar logado no sistema.

11.4. FLUXO DE EVENTOS

11.4.1. Fluxo Básico

- Usuário seleciona “CADASTRAR CIRURGIA” na página inicial do Técnico.



- Técnico informa o “NOME DA CIRURGIA” que deseja cadastrar.

DISPENSER AUTOMATIZADO

INSIRA AS INFORMAÇÕES DA CIRURGIA

NOME DA CIRURGIA

AVANÇAR

SAIR VOLTAR

- Técnico preenche os campos “MATERIAL”, “TIPO DE AGULHA”, “DIÂMETRO DO FIO”, “COMPRIMENTO DO FIO” e “QUANTIDADE”. As sugestões que apareceram no *Dropdown* refletem os fios disponíveis no estoque. Em seguida, o enfermeiro seleciona “ADICIONAR FIO” para adicionar fio na lista de fios sugeridos para a nova cirurgia.

DISPENSER AUTOMATIZADO

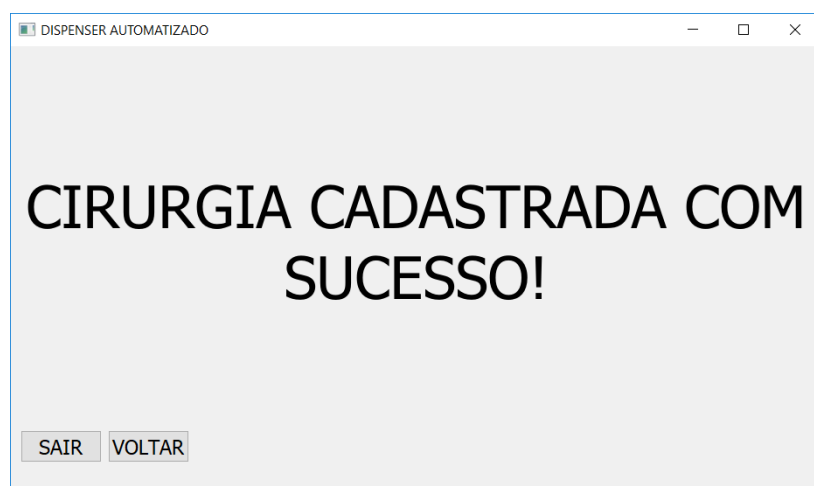
ENTRE AS INFORMAÇÕES DOS FIOS UTILIZADOS NA CIRURGIA

MATERIAL	TIPO AGULHA	DIÂMETRO	COMPRIMENTO	QUANTIDADE
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>

ADICIONAR FIO

SAIR VOLTAR CADASTRAR CIRURGIA

- Seleciona “CADASTRAR CIRURGIA” para criar uma cirurgia nova com os fios indicados na etapa anterior. Técnico recebe a mensagem que a cirurgia foi cadastrada com sucesso.



11.5. PÓS-CONDIÇÕES

Cirurgia desejada cadastrada no sistema.

12. EDITAR CIRURGIA

12.1. BREVE DESCRIÇÃO

Permite a edição de uma cirurgia cadastrada previamente.

12.2. ATORES

Técnico.

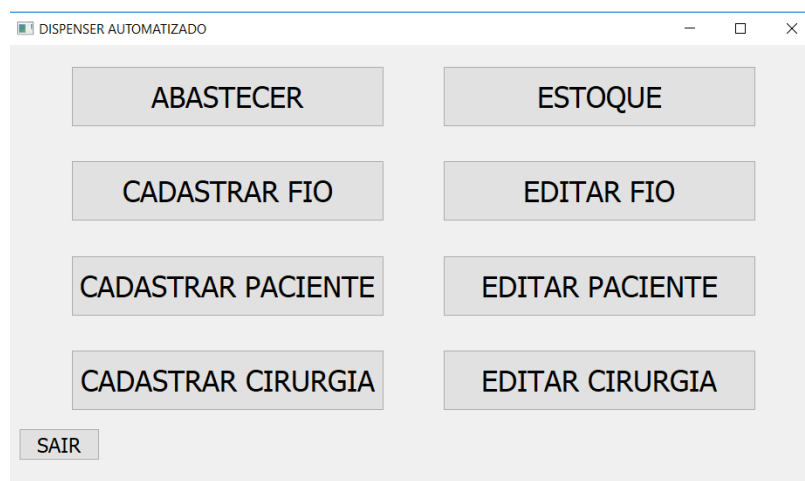
12.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Técnico estar logado no sistema.
- Existir cirurgias cadastradas para serem editadas.

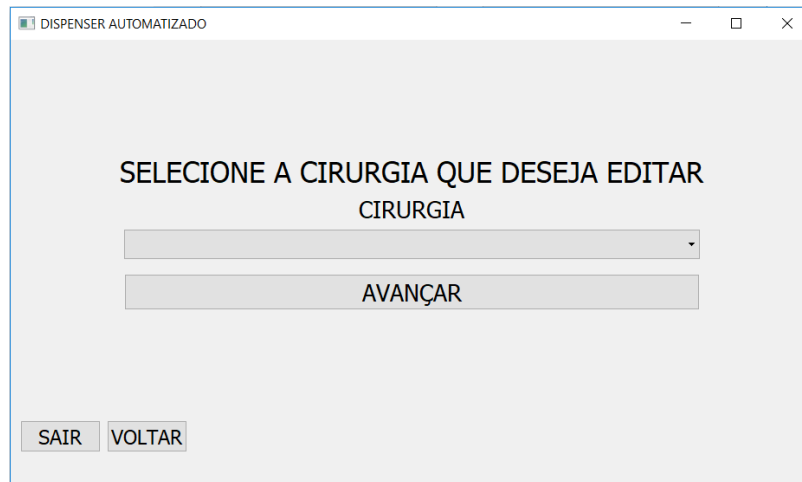
12.4. FLUXO DE EVENTOS

12.4.1. Fluxo Básico

- Usuário seleciona “EDITAR CIRURGIA” na página inicial do Técnico.



- Técnico seleciona no *Dropdown* a cirurgia que deseja editar. Em seguida, seleciona “AVANÇAR”.



DISPENSER AUTOMATIZADO

SELECIONE A CIRURGIA QUE DESEJA EDITAR

CIRURGIA

AVANÇAR

SAIR VOLTAR

- Técnico retorna a tela principal de cadastro de cirurgia, adicionando novamente os fios sugeridos. Por fim, seleciona “CADASTRAR CIRURGIA”



DISPENSER AUTOMATIZADO

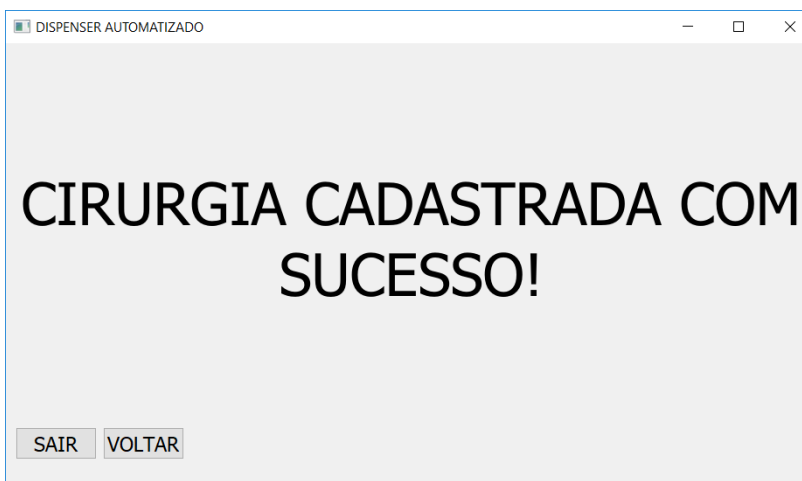
ENTRE AS INFORMAÇÕES DOS FIOS UTILIZADOS NA CIRURGIA

MATERIAL	TIPO AGULHA	DIÂMETRO	COMPRIMENTO	QUANTIDADE
				0

ADICIONAR FIO

SAIR VOLTAR CADASTRAR CIRURGIA

- Técnico recebe a mensagem que a cirurgia foi cadastrada com sucesso.



DISPENSER AUTOMATIZADO

CIRURGIA CADASTRADA COM SUCESSO!

SAIR VOLTAR

12.5. PÓS-CONDIÇÕES

Cirurgia desejada editada.

13. CADASTRAR PACIENTE

13.1. BREVE DESCRIÇÃO

Permite o cadastro de um novo paciente, relacionado à uma cirurgia.

13.2. ATORES

Técnico.

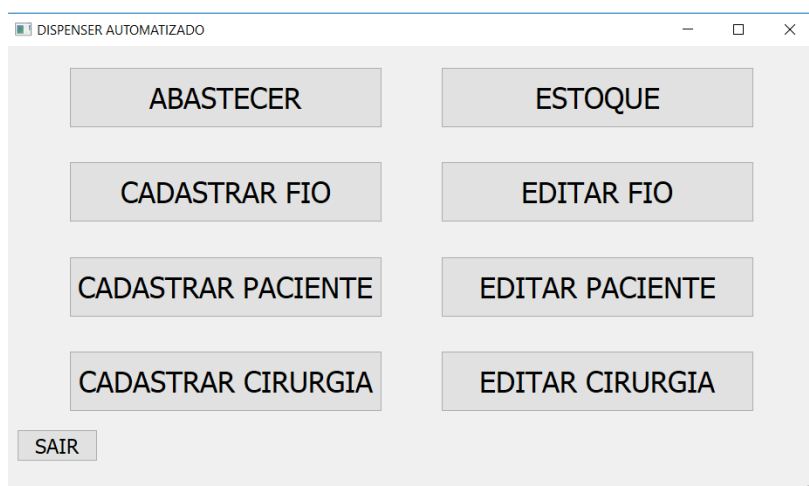
13.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Técnico estar logado no sistema.

13.4. FLUXO DE EVENTOS

13.4.1. Fluxo Básico

- Usuário seleciona “CADASTRAR PACIENTE” na página inicial do Técnico.



- Técnico preenche os campos “ID HOSPITAL”, “NOME”, “SOBRENOME” e “CIRURGIA”. Aparecerão apenas as cirurgias já cadastradas no sistema.

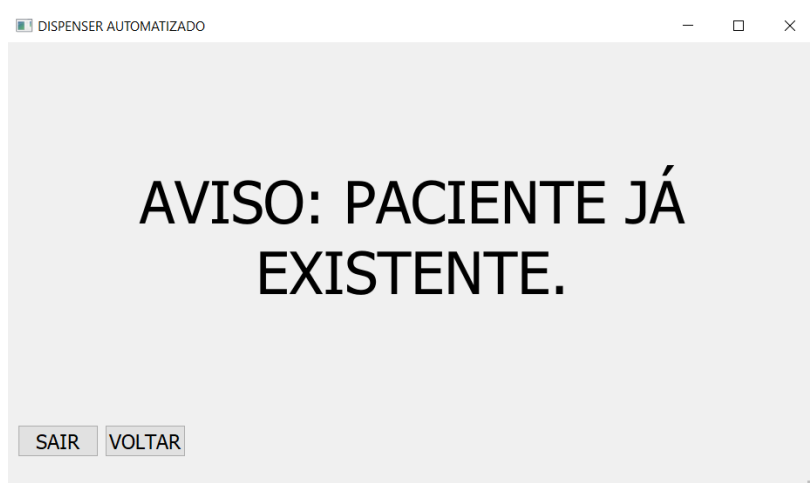
The screenshot shows a window titled "DISPENSER AUTOMATIZADO" with a standard Windows title bar (minimize, maximize, close buttons). The main content area has a title "INSIRA AS INFORMAÇÕES PACIENTE". Below the title, there are four input fields: "ID HOSPITAL", "NOME", "SOBRENOME", and "CIRURGIA" (which is a dropdown menu). A large button labeled "CADASTRAR PACIENTE" is centered below these fields. At the bottom of the window, there are three buttons: "SAIR", "VOLTAR", and "CADASTRAR NOVA CIRURGIA".

- É informado que o paciente foi cadastrado com sucesso.

The screenshot shows the same window titled "DISPENSER AUTOMATIZADO". The main content area now displays the message "PACIENTE INSERIDO COM SUCESSO!" in large, bold, black capital letters. At the bottom of the window, there are two buttons: "SAIR" and "VOLTAR".

13.4.2. Fluxos Alternativos

- Caso não exista a cirurgia desejada para o paciente, o técnico pode ir direto para o fluxo de "CADASTRAR NOVA CIRURGIA" pelo botão correspondente.
- Caso o técnico insira um "ID HOSPITAL" já existente no sistema ele será informado.



13.5. PÓS-CONDIÇÕES

Paciente é cadastrado, relacionado a cirurgia desejada.

14. EDITAR PACIENTE

14.1. BREVE DESCRIÇÃO

Permite a edição de um paciente já cadastrado.

14.2. ATORES

Técnico.

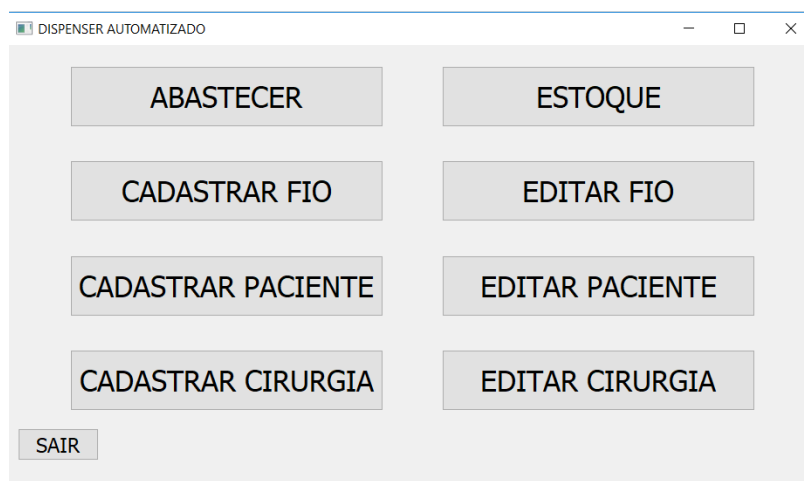
14.3. PRÉ-CONDIÇÕES

- Técnico estar logado no sistema.
- Existir pacientes cadastrados no sistema.

14.4. FLUXO DE EVENTOS

14.4.1. Fluxo Básico

- Usuário seleciona “EDITAR PACIENTE” na página inicial do Técnico.



- Técnico preenche o campo “ID HOSPITAL”.

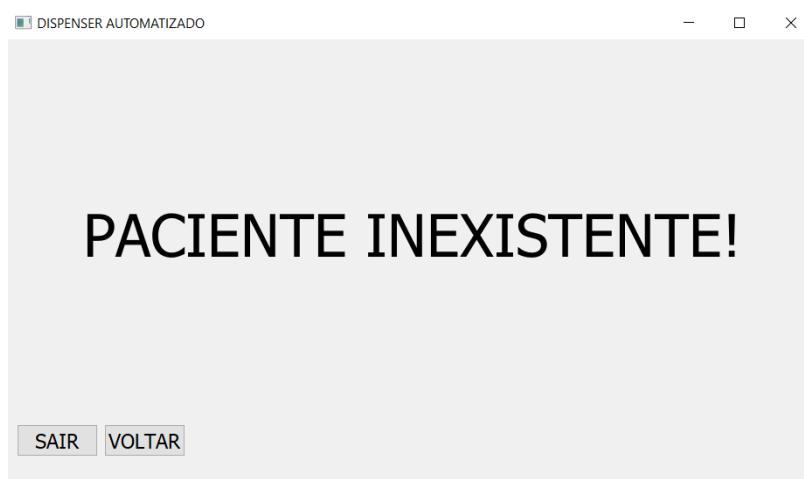
The screenshot shows a window titled "DISPENSER AUTOMATIZADO". The main heading is "INFORME O ID DO PACIENTE QUE DESEJA EDITAR". Below it is the label "ID HOSPITAL" followed by a text input field. A large button labeled "AVANÇAR" is positioned below the input field. At the bottom left, there are two buttons: "SAIR" and "VOLTAR".

- Técnico é direcionado para a página de cadastro de novo paciente e segue o fluxo normal do caso de uso em questão.

The screenshot shows a window titled "DISPENSER AUTOMATIZADO". The main heading is "INSIRA AS INFORMAÇÕES PACIENTE". Below it is a form with four fields: "ID HOSPITAL" (containing "9999999999"), "NOME" (containing "PACIENTE"), "SOBRENOME" (containing "TESTE"), and "CIRURGIA" (a dropdown menu showing "APENDICE"). A large button labeled "EDITAR PACIENTE" is centered below the form. At the bottom left, there are two buttons: "SAIR" and "VOLTAR". At the bottom right, there is a button labeled "CADASTRAR NOVA CIRURGIA".

14.4.2. Fluxos Alternativos

- Caso o técnico insira um “ID HOSPITAL” que não exista ele será informado.



14.5. PÓS-CONDIÇÕES

Paciente desejado é editado.