

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO
“ADIB MOISÉS DIB”**

NADJA PEREIRA LUZ

SAFF - SISTEMA AUTOMATIZADO FLEXÍVEL DE FISIOTERAPIA

São Bernardo do Campo - SP
Junho/ 2016

NADJA PEREIRA LUZ

SAFF - SISTEMA AUTOMATIZADO FLEXÍVEL DE FISIOTERAPIA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Tecnologia
de São Bernardo do Campo “Adib Moises
Dib” como requisito parcial para a
obtenção do título de Tecnóloga em
Automação Industrial.

Orientador: Prof. Me. Pedro Adolfo Galani.

São Bernardo do Campo – SP
Junho/ 2016

NADJA PEREIRA LUZ

SAFF - SISTEMA AUTOMATIZADO FLEXÍVEL DE FISIOTERAPIA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Tecnologia
de São Bernardo do Campo “Adib Moises
Dib” como requisito parcial para a
obtenção do título de Tecnóloga em
Automação Industrial.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em:
31/05/2016

Banca Examinadora:

Prof. Me. Pedro Adolfo Galani, FATEC SBC - Orientador.

Prof. Dr. Delcínio Ricci, FATEC SBC - Avaliador.

Prof. Me. Cláudio César dos Santos, FATEC SBC - Avaliador.

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, aos meus pais, ao Alberto Soares por todo auxílio e suporte necessário, a Renata França por ter emprestado os livros de fisioterapia e todos os professores.

Agradeço ao prof. Dr. Delcínio Ricci pela ajuda durante a elaboração deste trabalho. Agradeço a empresa Festo Brasil pelo empréstimo de componentes essenciais para execução do projeto.

“Mas a sabedoria que vem do alto é antes de tudo pura; depois, pacífica, amável, compreensiva, cheia de misericórdia e de bons frutos, imparcial e sincera.”

TIAGO 3:17

RESUMO

No cenário atual, os equipamentos de fisioterapia automatizados tem se mostrado um forte aliado na recuperação de pacientes. Este trabalho tem como objetivo a unificação de quatro equipamentos fisioterápicos em apenas um, eliminando o esforço ergonômico do fisioterapeuta. Compacto, flexível e com custo reduzido quando comparado aos aparelhos já existentes no mercado. Na fundamentação teórica, é utilizada a pesquisa bibliográfica como método científico para dar base ao projeto. Abrange uma breve explicação sobre o tratamento utilizado nos membros superiores e inferiores, histórico da fisioterapia e tipos de movimentos do corpo humano. Ao encerrar as pesquisas da fundamentação teórica, partiu-se para a Metodologia, onde são apresentados os métodos e técnicas utilizados para concretização do projeto. Para o seu desenvolvimento realizou-se a construção da cadeira com partes móveis que auxiliam o paciente nos movimentos do pulso, cotovelo, joelho e tornozelo. Nas partes móveis são acoplados atuadores pneumáticos que são controlados por um terminal de válvulas com CLP integrado. O projeto é um protótipo, que aponta caminhos para elaboração de equipamentos de tratamentos na área da saúde. Frente ao exposto pode se constatar que é possível a contribuição da automação na área da saúde.

Palavras-chave: Fisioterapia. Automação. Flexível. Aparelho. Reabilitação.

ABSTRACT

In the present scenario, automated physical therapy equipment has been a strong ally in the recovery of patients. This work aims to unify four equipment physiotherapies in one, eliminating the ergonomic effort of physiotherapist. Compact, flexible and low cost, when compared to existing devices on the market. In the theoretical foundation, it is used literature as a scientific method to underpin the project. It covers a brief explanation of the treatment of the upper and lower limbs, history of physical therapy and types of the human body movements. In closing the research the theoretical foundation, he broke for the methodology, which presents the methods and techniques used for implementation of the project. For its development the construction of the chair was making with moving parts that help the patient in wrist movements, elbow, knee and ankle. All moving parts are coupled pneumatic actuators which are controlled by a valve terminal with integrated PLC. The project is a prototype that shows the way for development of treatment equipment in health. Based on these can be seen that the contribution of automation in health care is possible.

Key words: Physiotherapy. Automation. Flexible. Device. Rehabilitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Vítimas de acidente no trabalho sendo atendidas.....	17
Figura 1.2 – Fisioterapia feita manualmente pelo profissional.....	19
Figura 1.3 – Fisioterapia auxiliada pelo aparelho de MCP.....	20
Figura 1.4 – Articulações do corpo humano.....	21
Figura 1.5 – Movimento das articulações.....	21
Figura 1.6 – Movimento de flexão e extensão.....	22
Figura 1.7 – Aparelho MCP da Carci.....	23
Figura 1.8 – Aparelho MCP P600.....	24
Figura 1.9 – Aparelho para tratamento do cotovelo.....	25
Figura 1.10 – Aparelhos MCP para os ombros.....	25
Figura 1.11 – Circuito pneumático.....	26
Figura 1.12 – Sensor magnético para ranhura de atuador.....	27
Figura 2.1 – Fluxograma do projeto.....	30
Figura 3.1 - Projeto finalizado.....	34
Figura 3.2 - Cadeira em construção.....	35
Figura 3.3 - Partes móveis da cadeira fixadas.....	36
Figura 3.4 - Atuadores fixados na cadeira.....	37
Figura 3.5 - Mini atuador fixado na cadeira.....	38
Figura 3.6 - Cadeira finalizada.....	40
Figura 3.7 - Construção da parte elétrica.....	40
Figura 3.8 - Parte elétrica do projeto.....	40
Figura 3.9 - Desenvolvimento das telas da IHM.....	41
Figura 3.10 - Software Codesys com a programação em desenvolvimento.....	42
Figura 3.11 - Apresentação do SAFF.....	42
Figura 3.12 - Movimento do pulso.....	43
Figura 3.13 - Movimento do cotovelo.....	44
Figura 3.14 - Movimento do tornozelo.....	44
Figura 3.15 - Movimento do joelho.....	45
Figura 3.16 - Primeira tela da IHM.....	45
Figura 3.17 - Segunda tela da IHM.....	46
Figura 3.18 - Terceira tela da IHM.....	47
Figura 3.19 - Quarta tela da IHM.....	47
Figura 3.20 - Quinta tela da IHM.....	48
Figura 3.21 - Sexta tela da IHM.....	48

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	14
1.1 Histórico da fisioterapia	14
1.2 Cinesioterapia	17
1.3 Articulações e movimentos	19
1.4 Aparelhos para reabilitação	21
1.5 Equipamentos eletropneumáticos	24
2 METODOLOGIA.....	27
2.1 O tema-problema com justificativa e descrição.....	27
2.2 Etapas teóricas e físicas para a elaboração do projeto	30
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	33
3.1 Construção das partes mecânicas.....	34
3.2 Desenvolvimento da parte elétrica.....	39
3.3 Desenvolvimento dos programas	41
3.4 Apresentação e funcionamento do SAFF	43
3.5 Dificuldades e soluções encontradas durante a execução do projeto	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS.....	54
APÊNDICE.....	56

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios dos tempos o ser humano está em constante evolução, buscando aprimoramento de técnicas usadas em relação à saúde. A capacidade de inovação e enfrentamento dos problemas constitui obstáculos que são superados diariamente.

Com o passar do tempo os estudos e conhecimentos de técnicas e procedimentos na área médica vem se aperfeiçoando com o desenvolvimento de novas tecnologias, principalmente no que tange a fisioterapia. Com a revolução industrial o tratamento fisioterapêutico tornou-se necessário principalmente nas indústrias, para atender os funcionários que se lesionam em membros superiores e inferiores, o chamado acidente de trabalho.

Também deve se considerar que em paraplégicos ou tetraplégicos, a movimentação em suas articulações é indispensável, pois sua falta gera sérios problemas, como diminuição da massa muscular, diminuição da capacidade aeróbica, infecção urinária, osteoporose, disfunção renal e doenças cardíacas.

O tratamento mais utilizado, nestes casos, é a cinesioterapia, onde o profissional realiza uma série de movimentos nos membros do paciente. Porém, a aplicação pode ser prejudicada quando o fisioterapeuta não dispõe de local, aparelhos e postura adequada para realizar as repetições e também há dificuldade quando o paciente é totalmente dependente do fisioterapeuta e este possui a estrutura física do paciente desproporcional, ou seja, maior, em relação ao fisioterapeuta. Normalmente a cinesioterapia manual, se estende em longos períodos, devido ao ser humano, no caso o fisioterapeuta, não ser capaz de realizar o mesmo movimento com a mesma intensidade e velocidade por muito tempo, então o tratamento é dividido em vários dias e com poucos movimentos.

Atualmente, há aparelhos elétricos automatizados que auxiliam o tratamento da cinesioterapia manual. Estes aparelhos realizam os movimentos nos membros superiores ou inferiores, sendo necessário adquirir um equipamento para cada tipo

de aplicação. No Brasil, o acesso a esses aparelhos é muito limitado geralmente são importados e a fabricação nacional é escassa. Este tipo de aparelho ainda não foi divulgado a todos os fisioterapeutas, portanto não é encontrado com frequência nas clínicas.

O trabalho tem como objetivo construir um aparelho flexível para auxiliar o fisioterapeuta na aplicação do tratamento em pacientes com lesões em membros superiores e inferiores, através de movimentos sequenciais, com controle de repetições e movimentos automáticos, este se intitula SAFF Sistema Automatizado Flexível de Fisioterapia, que se justifica por melhorar a ergonomia e a produtividade do fisioterapeuta, oferecer em um mesmo aparelho movimentos para os membros superiores e inferiores, reduzir o tempo de tratamento quando comparado à fisioterapia manual e aprimorar a qualidade do tratamento do paciente.

Com o uso desses aparelhos o tratamento é realizado de modo constante e com a mesma intensidade durante os movimentos, sem limite de tempo, com a principal vantagem de não oferecer riscos ergonômicos ao fisioterapeuta, pois elimina todo o esforço físico do fisioterapeuta. A recuperação é mais rápida e eficiente, podendo o paciente, em caso de lesões simples, receber alta do tratamento em pouco tempo e voltar à sua rotina de trabalho.

O sistema automatizado é composto por uma IHM (interface homem-máquina), onde o fisioterapeuta acessa para selecionar o movimento e a quantidade de repetições, atuadores pneumáticos para os movimentos e para controle serão utilizados controlador programável, válvulas solenoides e sensores.

O trabalho é composto pelos seguintes capítulos:

Capítulo 1 - Fundamentação teórica: onde é apresentada toda a base utilizada para a pesquisa do projeto, desde o um breve histórico da fisioterapia até o mercado atual de aparelhos de reabilitação, com todas as informações documentadas e oriundas de fontes confiáveis como sites de empresas fabricantes, manuais e principalmente livros de autores profissionais da área.

Capítulo 2 - Metodologia: é apresentado detalhadamente o caminho percorrido pelos integrantes do grupo para o efetivo desenvolvimento do projeto. São destacados métodos, técnicas, estudo em campo e fases do desenvolvimento do trabalho.

Capítulo 3 - Desenvolvimento do projeto: encontram-se passo a passo a construção lógica e montagem do projeto.

E finalmente, as Considerações finais: são descritos os objetivos e justificativas, apontamento das relações entre os fatos verificados e as teorias, conquistas alcançadas, pontos fortes e fracos e possíveis sugestões para os futuros trabalhos.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

Neste capítulo são abordadas as teorias de autores renomados que dão base e estudos necessários para o desenvolvimento e construção do projeto que se intitula SAFF.

1.1 Histórico da fisioterapia

Michaelis (2006) define a fisioterapia como especialidade paramédica que emprega massagens, exercícios no tratamento de doenças e agentes físicos como água doce e salgada, sol, calor e eletricidade.

Segundo Rebelatto e Botomé (1999) povos antigos, da época de 4000 A.C, se preocupavam com algumas diferenças incomodas que eram doenças. E para curar utilizavam agentes físicos. Como por exemplo, o peixe-elétrico, que futuramente daria origem a eletroterapia. Porém esses conhecimentos eram exclusivamente dos sacerdotes, os pacientes atendidos eram apenas da classe alta, os demais não tinham nenhuma espécie de tratamento.

Galen, um estudioso grego, utilizou ginástica no tronco e dos pulmões de um rapaz para conseguir recuperar o seu tórax deformado. Hipócrates, frequentemente considerado como o pai da medicina, adotava os recursos terapêuticos para fortalecer os músculos enfraquecidos. Ele quem utilizou pela primeira vez o termo “Medicina de Reabilitação,” caracterizando a fisioterapia em uma de suas áreas de atuação.

Cavalcante et al. (2011) afirmam que no Brasil a fisioterapia só foi legitimada como profissão em 13 de outubro de 1969 com o Decreto-Lei 938. A fisioterapia no Brasil se confunde com a história da poliomielite e com o surgimento de recursos para tratar as sequelas resultantes dessa doença, por essa causa o tratamento era aplicado de maneira ruim, não obtinham bons resultados, ou até mesmo quando aplicada de maneira errônea podia prejudicar o paciente. A Escola de Reabilitação do Rio de Janeiro, criada pela Associação Brasileira Beneficente de Reabilitação (ABBR), em 1956, foi à primeira escola que ofereceu o curso de graduação em Fisioterapia, com o curso em andamento a qualidade do tratamento foi melhorando.

O Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional - COFFITO (2015) entende por fisioterapeuta o profissional de saúde, com formação acadêmica superior, habilitado à construção do diagnóstico dos distúrbios cinéticos funcionais, a prescrição das condutas fisioterapêuticas, a sua ordenação e indução no paciente, e também habilitado ao acompanhamento da evolução do quadro clínico funcional e as condições para alta do serviço. Para exercer a profissão de fisioterapeuta, exige que tenha paciência, sensibilidade tátil, habilidade manual e determinação para ajudar no tratamento dos pacientes. As especialidades reconhecidas são: hidroterapia, respiratória, cinesioterapia, crioterapia, eletroterapia, fototerapia, massoterapia, mecanoterapia, manual e termoterapia.

Cromie et al. (2000) defendem que o fisioterapeuta é um profissional que está exposto a situações de sobrecarga, seja pela realização inadequada de um movimento ou durante o trabalho com um paciente totalmente dependente. A grande maioria dos instrumentos e ambientes de trabalho desses profissionais não respeita preceitos ergonômicos.

Rugel (2003) ressalta que muitos fisioterapeutas exercem suas atividades em postos de trabalhos inadequados e em uma postura indesejável, o que pode predispor ao aparecimento de distúrbios musculares ou outros tipos de lesões. Isso acarreta que futuramente o fisioterapeuta também necessita de tratamento.

Para poder entender o trabalho do fisioterapeuta e ajudá-lo em sua profissão, é necessária uma pesquisa sobre as suas bases históricas. É uma profissão antiga, e os recursos utilizados, se desenvolveram muito ao longo dos anos.

Rebelatto e Botomé (1999) dizem que na antiga China foi encontrado o primeiro documento que tem semelhança com a fisioterapia é o Kung Fu. Um conjunto de posturas e movimentos rituais com objetivo de aliviar a dor e outros sintomas.

Na idade média a exaltação da fé e a falta de interesse da nobreza e do clero pela reabilitação do corpo humano, fez com que o avanço na área da saúde se

estabilizasse. Somente no final do renascimento houve um pequeno avanço na utilização dos recursos físicos para tratamento das doenças, graças aos ocidentais.

Copetti (2004) afirma que com a industrialização, o trabalho começou a ser mais intenso e precário, em escala de produção e maiores turnos de trabalho, começou a surgir doenças como as epidemias, tuberculose pulmonar, alcoolismo e também o aumento de acidentes no trabalho. Desse modo, fez-se necessário tratar os trabalhadores, para a linha de produção não parar e a empresa não perder mercado para seus concorrentes. A industrialização, década de 70, fez a fisioterapia ser aprimorada devido ao número de acidentes de trabalho ter aumentado. A figura 1.1 mostra algumas vítimas de acidente sendo atendidas.

Figura 1.1 – Vítimas de acidente no trabalho sendo atendidas



Fonte: <http://fisioterapiahumberto.blogspot.com.br>, 2009

Outros fatores como as sequelas dos inúmeros portadores de poliomielite em 1950, fortaleceram o uso da fisioterapia no país, pois precisavam de um tratamento de reabilitação.

A fisioterapia, na sua origem e no decorrer da história, direcionou o seu trabalho e a sua atuação profissional para as atividades predominantemente curativas e reabilitadoras. Atualmente a preocupação desta profissão está voltada a um campo mais amplo que determinam a prevenção, promoção e manutenção da saúde, além da reabilitação e reintegração social do indivíduo.

1.2 Cinesioterapia

Segundo Hoppenfeld e Murthy (2000) a cinesioterapia é definida por, através de uma força externa, realizar um movimento em uma articulação, desde que haja uma completa imobilização e movimento contínuo, sem qualquer tipo de interrupções e sem a participação ativa do paciente.

De acordo com Ferreira e Martins (2013), a cinesioterapia começou a ser desenvolvida em 1970, pelo médico canadense Robert Salter. Ele partiu dos seguintes itens para desenvolver o seu conceito:

- todas as nossas articulações sinoviais foram feitas para ter movimentos e ser movimentadas;
- quando nos movimentamos fazemos a nutrição das cartilagens articulares pelo líquido sinovial;
- é prejudicial para a cartilagem articular, para os tecidos da membrana sinovial, ligamentos, tendões e músculos a imobilização prolongada e a limitação persistente do movimento.

Segundo Hoppenfeld e Murthy (2000) a intenção da movimentação na articulação lesionada é a restauração das funções, desempenho, força muscular e resistência. Quando não movimentados os músculos podem perder a força em até 8% por semana que fica inerte.

No Brasil, após alguma cirurgia os médicos recomendam o repouso pós-cirúrgico e quando a cirurgia do paciente está quase cicatrizada é indicada a aplicação a cinesioterapia.

Quando é aplicada nos membros inferiores, a cinesioterapia abrange as articulações do joelho, quadril, tornozelo e dedos dos pés, sendo que as mais utilizadas são nas articulações do joelho e tornozelo. Nos membros superiores, as

aplicações mais comumente encontradas referem-se às articulações de ombro, de punho e de cotovelo.

Alguns exemplos para aplicações da cinesioterapia nos pacientes são: artroplastia total de joelho (substituição por articulação protética); contratura de cotovelo (diminuição do diâmetro); fixação rígida interna de uma osteotomia metafísica (por exemplo, artrite do joelho); fratura distal do úmero; incisão e drenagem para tenossinovite aguda (intervenção cirúrgica com instrumento cortante); lesão do ligamento colateral ulnar; liberação cirúrgica das contraturas extra articulares das articulações; ligamentoplastia (reconstrução) de ligamento de joelho; substituição articular protética total; traumas.

Atualmente o processo de reabilitação dos membros superiores e inferiores ainda são feitas de forma manual pelos fisioterapeutas. E, por causa das suas limitações físicas, após certa quantidade de ciclos o mesmo não possui repetitividade e nem precisão. A figura 1.2 ilustra um profissional aplicando a fisioterapia no joelho do paciente manualmente.

Figura 1.2 – Fisioterapia feita manualmente pelo profissional



Fonte: www.algosobre.com.br, 2015

Foram desenvolvidos equipamentos para aplicação da cinesioterapia que são chamados aparelhos de MCP movimento passivo contínuo. Para diminuir o tempo de afastamento médico, retornar as atividades diárias e voltar a ter a utilização normal do membro, é utilizado um aparelho que promove movimentos articulares passivos, ou seja, faz a flexão e a extensão articular com potência e velocidade

controlada, fazendo com que o exercício seja realizado com precisão e da forma correta. A figura 1.3 mostra um exemplo de fisioterapia sendo aplicada com o auxílio de um dos tipos de aparelho de MCP.

Figura 1.3 – Fisioterapia auxiliada pelo aparelho de MCP



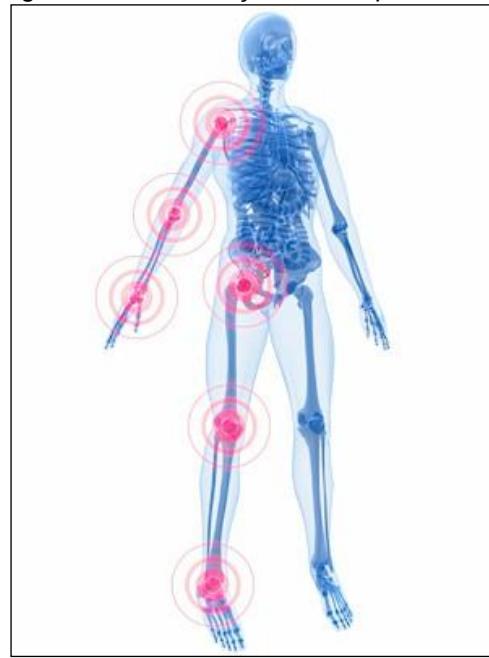
Fonte: www.ortoclinique.com.br, 2015

1.3 Articulações e movimentos

Ross (2008) enfatiza que uma das funções do sistema esquelético é permitir o movimento do corpo. Não são os ossos ou os músculos que permitem o movimento, mas as uniões entre os ossos, chamadas articulações ou junturas. O corpo humano é formado por 206 ossos que são unidos através das articulações.

As articulações são formadas quando os ossos adjacentes se articulam. Em geral, a estrutura de uma articulação determina a direção e a amplitude do movimento que ela permite. Nem todas as articulações são flexíveis, contudo, quando uma parte do corpo se movimenta, outras articulações permanecem rígidas para estabilizar o corpo e manter equilíbrio. Artrologia é a ciência que estuda as articulações e cinesiologia é o estudo dos movimentos envolvendo certas articulações. A figura 1.4 ilustra articulações do corpo humano.

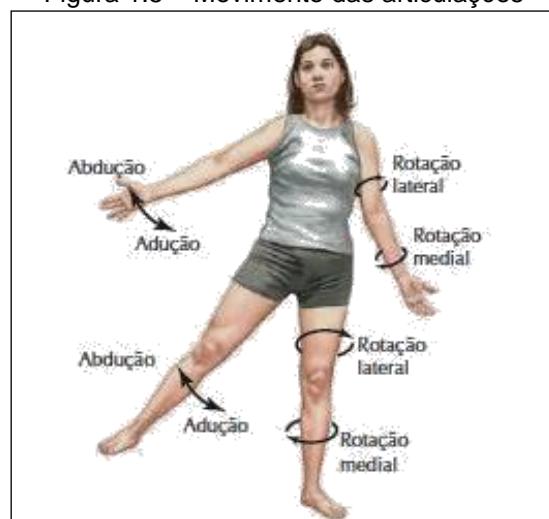
Figura 1.4 – Articulações do corpo humano



Fonte: www.farmaciasaude.pt, 2015

Graaff (2003) explica que as articulações são classificadas em: fibroses, cartilagíneas e sinoviais, e classificadas funcionalmente em sinartroses, anfiartroses e diartroses. Demonstra que os movimentos nas articulações são produzidos pela contração dos músculos esqueléticos que transpõem as articulações e se fixam nos ossos que formam as articulações. Nestas ações, os ossos agem como alavancas, os músculos proporcionam a força, e as articulações são ponto de apoio. Na figura 1.5, é mostrado alguns tipos de movimentos realizados pelas articulações.

Figura 1.5 – Movimento das articulações

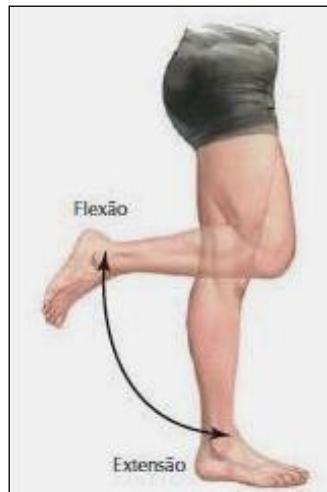


Fonte: www.concursoefisioterapia.com, 2011

Wecker (2015) mostra que como exemplos de movimentos podem ser citados:

Flexão: quando se diminui o ângulo da articulação entre ossos ou partes do corpo; Extensão: quando se aumenta o ângulo das articulações entre os ossos ou partes do corpo, como pode ser visto na figura 1.6;

Figura 1.6 – Movimento de flexão e extensão



Fonte: www.concursoefisioterapia.com, 2011

Abdução: quando se afastado eixo principal do corpo, o plano coronal; Adução: quando se aproxima do eixo principal do corpo; Rotação lateral: quando a face anterior de um membro se afasta do plano mediano; Rotação medial: quando a face anterior de um membro se aproxima do plano mediano.

1.4 Aparelhos para reabilitação

Callegaro, et al. (2011) mencionam que com o avanço da tecnologia na área da medicina, conseguiu-se melhorar a forma de recuperação dos pacientes de um modo muito mais eficiente e rápido. Nas últimas décadas, um exemplo dos grandes avanços, são os equipamentos de MCP Movimento Contínuo Passivo, para os membros superiores e para membros inferiores.

A fisioterapia realizada através de equipamentos de MCP proporciona aos pacientes movimentos constantes sem necessidade de esforço. Alguns dos objetivos são evitar que a articulação desenvolva fibrose (aderência), ativar a circulação diminuindo o inchaço do membro e restaurar o movimento das

articulações com o ganho de ADM Amplitude de Movimento. Também reduzem o tempo de recuperação e possíveis dores após operações articulares, proporcionando maior conforto ao paciente.

Carci (2015) aponta que existem apenas duas empresas nacionais que fabricam esses produtos, a própria Carci que possui 60% do mercado interno brasileiro, tendo como principal área de atuação o joelho. A figura 1.7 ilustra um aparelho MCP da Carci.

Figura 1.7 – Aparelho MCP da Carci



Fonte: www.carci.com.br, 2015

Atualmente, os aparelhos disponíveis no mercado, apesar de fácil manuseio, possuem preços elevados devido à baixa concorrência e a importação. Não suprem totalmente as necessidades, pois cada aparelho atende apenas a um movimento específico, ombro, cotovelo ou joelho, ou seja, para cada tratamento deve-se obter um aparelho diferente. A figura 1.8 ilustra um aparelho MPC P600, projetado para atuação no ombro.

Figura 1.8 – Aparelho MPC P600



Fonte: institutoaopaulo.com.br, 2015

Politec (2015) distribui para outras empresas alguns aparelhos de MPC importados. Estes aparelhos são específicos para cada articulação. A figura 1.9 ilustra um aparelho para movimentação do cotovelo.

Figura 1.9 – Aparelho para tratamento do cotovelo



Fonte: www.politecsaude.com.br, 2015

Também oferece o aparelho MPC para ombro. Podendo ser três tipos diferentes que varia conforme a aplicação necessária para o tratamento, como mostra a figura 1.10.

Figura 1.10 – Aparelhos MCP para os ombros



Fonte: www.politecsaude.com.br, 2015

De acordo com a Norma Regulamentadora NR 12:2015 todas as máquinas e aparelhos novos e usados, exceto os que já obtêm norma específica para a sua aplicabilidade, dispõem de medidas de proteção, sendo estas: proteção coletiva, administrativas ou de organização do trabalho e proteção individual. Para aplicação da norma, sempre é considerado as características da máquina ou equipamento, do processo, dos riscos e seu estado.

Ainda diz que todo equipamento deve conter um ou mais dispositivos de parada de emergência. O dispositivo sempre prevalece aos demais comandos e provoca a parada da operação no período de tempo mais reduzido possível. As partes móveis dos equipamentos estão sempre sinalizadas com faixas refletivas. E qualquer parte energizada ou pressurizada deve estar protegida de contato acidental.

1.5 Equipamentos eletropneumáticos

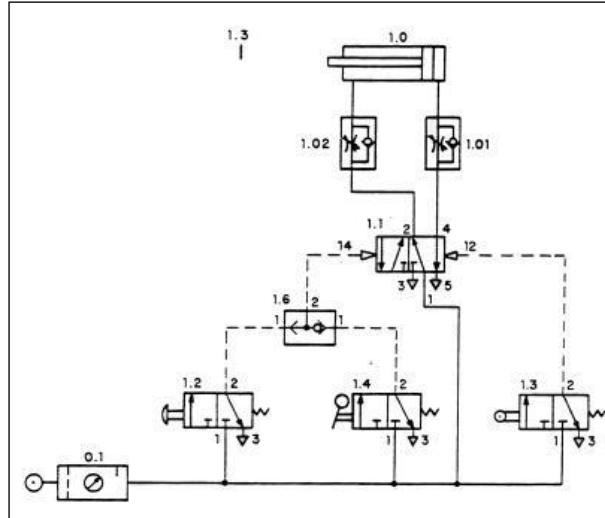
Silva (2002) afirma que um sistema eletropneumático completo contém geração de ar comprimido que é o compressor e comando de potência que são as válvulas e atuadores pneumáticos que podem ser rotativos ou lineares.

Como vantagens do uso de ar comprimido têm: facilidade de obtenção, fácil armazenamento, não contamina o ambiente e é uma fonte de energia limpa. As desvantagens são umidade, baixa viscosidade e não é possível conseguir posições intermediárias por causa da compressibilidade do ar.

O compressor é destinado a converter energia elétrica ou mecânica em ar comprimido, através do ar atmosférico. Nas fábricas, em cada máquina há uma unidade de tratamento de ar que ajusta as características do ar de acordo com a necessidade do sistema. Os atuadores pneumáticos convertem o ar comprimido em trabalho mecânico.

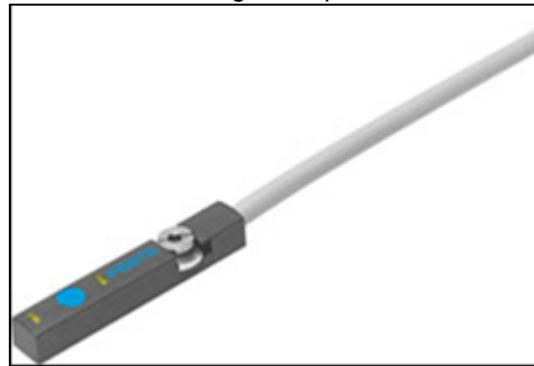
Para comandar e direcionar o fluxo de ar comprimido utilizam-se válvulas. São classificadas em: direcionais, de bloqueio, de fluxo e de controle de pressão. Na figura 1.11 é ilustrado um exemplo de circuito pneumático.

Figura 1.11 – Circuito pneumático



Para selecionar o sensor de proximidade adequado é necessário saber para qual tipo de material e aplicação é utilizado. Os mais comuns são capacitivos, indutivos, magnéticos, ópticos, sensores de pressão e de temperatura. Na figura 1.12 é mostrado um exemplo de sensor magnético para ranhura de atuador.

Figura 1.12 – Sensor magnético para ranhura de atuador



Fonte: www.festo.com, 2015

Silva Filho (2012) aponta que para o controle do sistema, as informações transmitidas através dos sensores são coletadas pelo CLP - Controlador Lógico Programável, este equipamento é muito útil e versátil em aplicações de sistemas de acionamentos e controle, por isto é amplamente aplicado na automação flexível.

Uma importante característica do CLP é poder executar através de *software* a lógica de acionamento necessária para cada equipamento, possibilitando também fácil alteração na programação, caso seja necessário. Para o ser humano interagir facilmente com o sistema utiliza-se uma IHM - interface homem-máquina, uma tela que exibe informações pré-determinadas pelo usuário.

2 METODOLOGIA

O presente capítulo é dedicado ao caminho percorrido para o desenvolvimento do projeto. São destacados métodos, técnicas, procedimentos e fases do desenvolvimento. Trata-se de uma pesquisa aplicada que é desenvolvida nas dependências da FATEC São Bernardo do Campo e nas residências dos integrantes do grupo.

Pádua (2012) enfatiza que a pesquisa experimental se desenvolve buscando relações entre os fenômenos físicos, por meio da identificação e manipulação de variáveis que estabelecem a relação causa efeito proposta no trabalho. Destaca que o desenvolvimento do trabalho deve ser realizado em momentos ou etapas, com rigor científico e reflexão crítica.

Severino (2011) destaca que a metodologia é fundamental em uma pesquisa científica, ela desperta no pesquisador a necessidade de buscar compreensões a respeito do fato. A preparação metódica supõe uma sequência de espaços, instantes, compreendendo as seguintes etapas: o tema-problema e justificativa; levantamento bibliográfico referente ao tema; leitura e seleção para construção da fundamentação teórica; construção e montagem do projeto; e redação do texto.

A redação do texto tem como base as normas da ABNT que se encontram no manual de TCC da FATEC São Bernardo do Campo. A escrita se encontra em uma linguagem simples, específica, concisa, com terminologia correta, seguindo de um raciocínio lógico.

2.1 O tema-problema com justificativa e descrição

Dentre as várias áreas em que a tecnologia de automação industrial é empregada, parte é direcionada à aplicação para auxiliar o ser humano em relação à saúde e bem estar. Com ajuda do orientador é decidido aplicar a automação em conjunto com a área de humanas, na fisioterapia. O trabalho tem como objetivo construir um aparelho flexível para auxiliar o fisioterapeuta na aplicação do tratamento em pacientes com lesões em membros superiores e inferiores, através

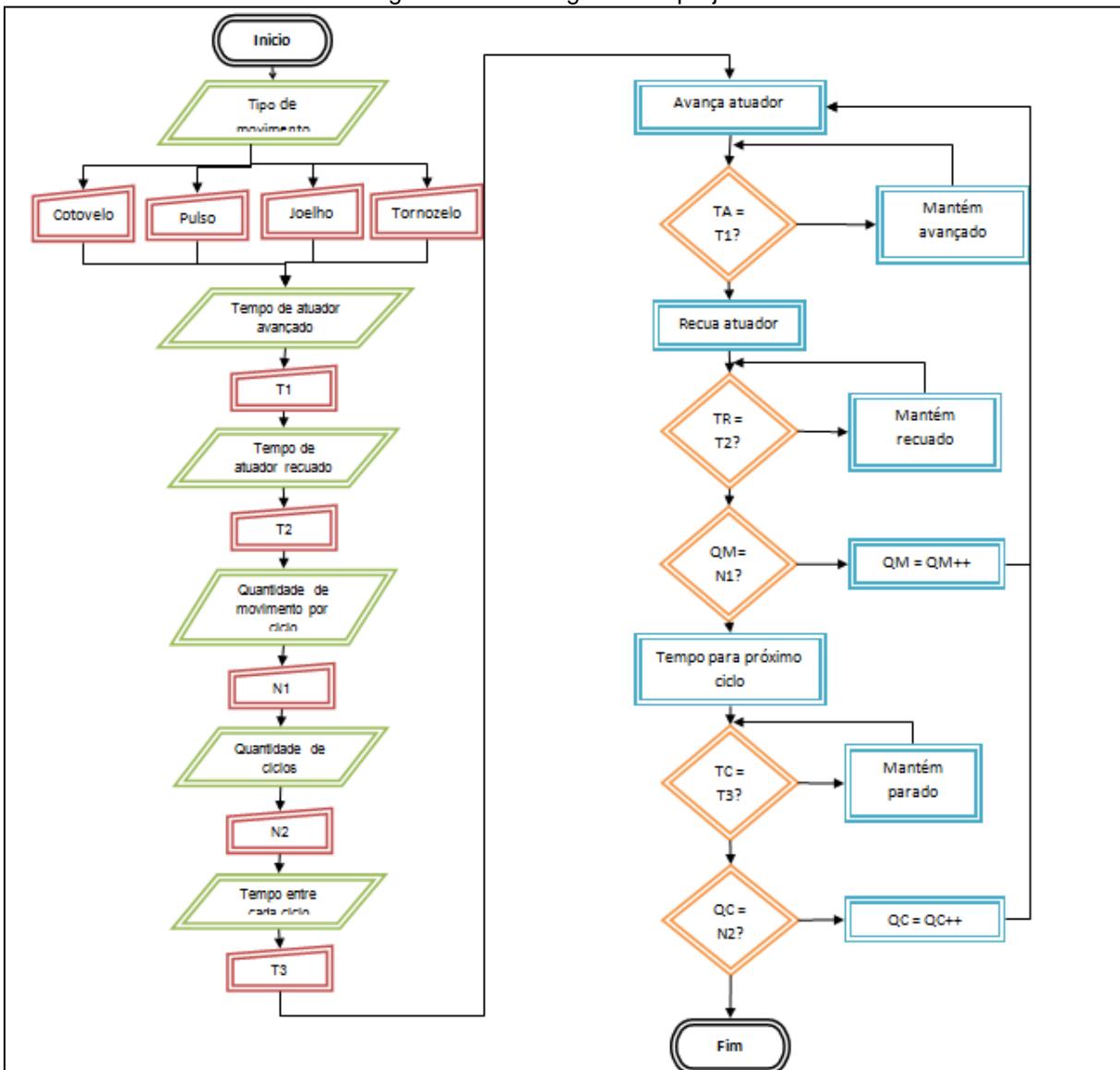
de movimentos sequenciais, com controle de repetições e movimentos automáticos. Este se intitula SAFF- Sistema Automatizado Flexível de Fisioterapia.

A construção do projeto justifica-se por melhorar a ergonomia e a produtividade do fisioterapeuta, oferecer em um mesmo aparelho movimentos para os membros superiores e inferiores, reduzir o tempo de tratamento quando comparado à fisioterapia manual e aprimorar a qualidade do tratamento do paciente.

Com o uso dos aparelhos o tratamento é realizado sem exigir esforço físico do fisioterapeuta, de modo constante, com a mesma intensidade e força durante os movimentos, sem limite de tempo. A recuperação é mais rápida e eficiente, podendo o paciente, em caso de lesões simples, receber alta do tratamento em pouco tempo e voltar à sua rotina de trabalho.

O sistema automatizado é composto por uma IHM (Interface homem-máquina), atuadores pneumáticos, controlador lógico programável, sensores, cabeamento elétrico e válvulas solenoides. No apêndice C pode ser observado um diagrama em blocos do projeto com a disponibilização física dos componentes. As partes como pulso, cotovelo, joelho e tornozelo são escolhidas para simplificar o desenvolvimento do protótipo, a flexibilidade é para a quantidade de movimentos e do tempo. A figura 2.1 ilustra o fluxograma de forma sucinta de como funciona o projeto.

Figura 2.1 – Fluxograma do projeto



Fonte: autoria própria, 2016.

Para melhor entendimento do fluxograma, seguem alguns esclarecimentos:

Tipo de movimentos: os movimentos que o protótipo realiza são: movimento de elevação de aproximadamente 60° do pulso, em relação ao braço na posição horizontal; movimento de elevação de aproximadamente 60° do braço, em relação ao antebraço em paralelo ao corpo (movimento do cotovelo); movimento de elevação de aproximadamente 40° da panturrilha, em relação à coxa de um paciente sentado na cadeira (movimento do joelho); e movimento de elevação de aproximadamente 40° do pé, em relação à canela (movimentação no tornozelo). O fisioterapeuta deve escolher apenas um tipo de movimento de cada vez.

Tempo de atuador avançado (T1) e tempo de atuador recuado (T2): a movimentação do aparelho é feita através de atuadores pneumáticos. O tempo de atuador avançado e recuado é selecionado para poder controlar a frequência com que são feitos os movimentos. Por exemplo, o braço ergue e espera dois segundos, em seguida, o braço desce e espera 5 segundos, e assim, sucessivamente, até que sejam realizados todos os movimentos pedidos.

Quantidade de movimentos por ciclo (N1): a quantidade de repetições é o número de movimentos que deseja que o aparelho realize. O fisioterapeuta pode selecionar de um até 99 movimentos por ciclo.

Quantidade de ciclos (N2) e tempo entre cada ciclo (T3): ciclo é o período em que ocorre a quantidade de movimentos selecionados anteriormente. Logo, a quantidade de ciclos, é a quantidade de vezes que se deseja repetir o número de movimentos. Por exemplo: são selecionados dois ciclos com quatro movimentos, ou seja, são realizados no total oito movimentos. O tempo entre cada ciclo é o tempo de descanso entre cada período, este tempo é selecionado de um á 60 segundos.

2.2 Etapas teóricas e físicas para a elaboração do projeto

Após a delimitação do tema a ser executado com justificativa e breve descrição do tema é escolhido o orientador para ajudar fornecendo diretrizes de como elaborar as pesquisas, sanar dúvidas durante a seleção teórica dos conteúdos e acompanhar a concretização do projeto.

Primeira etapa: reunião com o orientador para traçar diretrizes de como efetuar a pesquisa e concretizar o projeto. O orientador comenta sobre as pesquisas e como realizá-las e marca, obrigatoriamente, um dia da semana para apresentar o trabalho realizado.

Segunda etapa: realiza-se o levantamento bibliográfico na biblioteca da FATEC São Bernardo do Campo, pesquisas em *sites* especializados, provenientes de PDF, manuais e catálogos de empresas especializadas. Esta etapa é importante para definir os objetivos gerais e específicos do trabalho.

Terceira etapa: após a leitura de livros, artigos, trabalhos acadêmicos, manuais e catálogos, fez-se uma seleção daqueles que melhores se moldam ao tema proposto como: anatomia e articulações, fisioterapia históricos e tipos, eficácia no tratamento, riscos ao fisioterapeuta, aparelhos de reabilitação, atuadores pneumáticos, componentes eletrônicos, e constrói-se o capítulo 1 – Fundamentação teórica.

Quarta etapa: para poder comprovar a importância deste projeto na evolução da fisioterapia foi realizada entrevistas com alguns profissionais da área, por e-mail e pessoalmente. A entrevista realizada por e-mail se encontra no apêndice A, a entrevista realizada pessoalmente foi gravada em vídeo e o diálogo se encontra no apêndice B.

Quinta etapa: levantamento dos materiais a serem utilizados para a construção do dispositivo, levantamento das questões sobre a NR12, fundamental para a segurança do paciente. Estudo da IHM e da programação do CLP. Pesquisas de preços em vários distribuidores, análises dos preços dos materiais e sua aquisição, conforme tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Materiais para construção da cadeira

Itens	Descrição	Valor total
2	Cabos ethernet	R\$ 16,00
1	Módulo com 5 entradas ethernet	R\$ 105,00
1	Cabo de alimentação 5 pinos	R\$ 9,90
1	Botão com trava e contato NA	R\$ 17,22
1	LED verde	R\$ 0,90
4	Bornes de conexão	R\$ 1,24
9	Perfis de alumínio variados	R\$ 15,00
1	Placa de plástico 10x3, 5.	R\$ 2,00
1	Placa de alumínio 35x26	R\$ 11,00
1	Fonte de alimentação 24V 0,63A	R\$ 54,90
2 pcts	Pregos variados	R\$ 4,00
24	Ripas de madeira variadas	R\$ 28,00
1	Tranqueta para janela de 75 mm	R\$ 10,00
3 pcts	Dobradiça de ferro galvanizado 2"	R\$ 18,00
3 pcts	Dobradiça de ferro zinorado 1/2"	R\$ 7,50
4	Terminais plásticos de 1,5cm	R\$ 4,50
6	Sensores inductivos	R\$ 1.080,00
1	Sensor magnético	R\$ 320,00
1	Terminal de válvulas com CLP	R\$ 2.100,00
1	Unidade de indicação e controle	R\$ 1.300,00
1	Válvula de abertura e fechamento	R\$ 9,00
4	Atuadores pneumáticos	R\$ 1.730,00
6	Conexão pneumática com rosca	R\$ 16,00
2	União para tubo pneumático	R\$ 11,00
10m	Tubo pneumático	R\$ 25,00
Total		R\$ 6.896,16

Fonte: Autoria própria, 2016.

Sexta etapa: Especificação das telas e funcionamento da interface homem máquina (IHM) e do aplicativo do controlador lógico programável (CLP).

Sétima etapa: construção da cadeira em madeira e as partes que fazem os movimentos do pulso, cotovelo, joelho e tornozelo.

Oitava etapa: desenvolvimento da parte elétrica que compreende a montagem do terminal de válvulas, estrutura de alumínio para fixar a IHM e borne de entrada *ethernet*.

Nona etapa: desenvolvimento dos programas. Para a IHM usa-se o *software FED Designer 6* e para o CLP usa-se o *ladder* no *software Codesys*.

Décima etapa: apresentação do projeto concluído, bem como o funcionamento da cadeira e seus movimentos no que tange o pulso, o cotovelo, o joelho e o tornozelo.

Décima primeira etapa: dificuldades encontradas durante o desenvolvimento do projeto e as soluções encontradas.

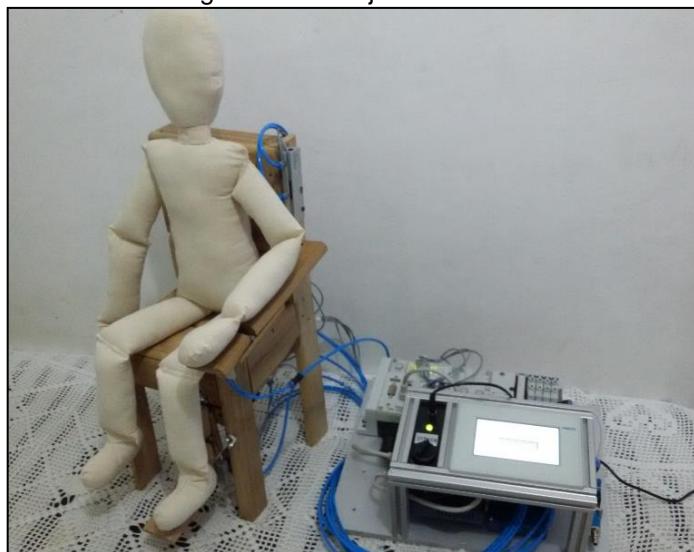
Décima segunda etapa: após concluir o projeto constroem-se o texto das considerações finais e do resumo.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo é descrito em poucos detalhes o passo a passo da construção do projeto SAFF - Sistema Automatizado Flexível de Fisioterapia.

Para melhor entendimento e visualização do projeto, a figura 3.1 ilustra o trabalho concluído.

Figura 3.1 – Projeto finalizado



Fonte: Autoria própria, 2016.

No desenvolvimento e construção do projeto são destacadas as seguintes fases:

- construção das partes mecânicas e testes;
- desenvolvimento da parte elétrica e testes;
- desenvolvimento dos programas e testes;
- apresentação e funcionamento do SAFF;
- dificuldades e soluções encontradas durante a execução do projeto.

3.1 Construção das partes mecânicas

A construção do projeto é realizada sobre uma cadeira especialmente projetada para acomodar os equipamentos. Os componentes pneumáticos e elétricos são protegidos contra o acesso de quaisquer partes do corpo humano.

O primeiro passo é a construção da cadeira que se dá da seguinte maneira: utilizam-se duas ripas de 16 cm x 5 cm mais duas ripas de 18 cm x 5 cm, para montar a base do assento, fazendo um quadrado. Sobre o quadrado são colocadas três ripas de 16 cm x 7 cm, finalizando a parte do acento. Em seguida, prende ao acento duas ripas de 46 cm x 5 cm na vertical e em paralelo, e mais duas ripas de 25 cm x 5 cm para formar as quatro pernas da cadeira.

O encosto da cadeira é preenchido com três ripas de 19 cm x 7 cm. Para dar estabilidade à cadeira são acrescentadas duas ripas de 12 cm x 7 cm nas laterais e uma ripa 16 cm x 5 cm da parte superior do encosto. Todas as ripas são lixadas antes de fixar com prego. A figura 3.2 ilustra a cadeira em fase de construção.

Figura 3.2 – Cadeira em construção



Fonte: autoria própria, 2016.

Em seguida é realizada a construção da parte que faz a movimentação. É testado perfil de alumínio para fazer a articulação, porém sem êxito por causa da

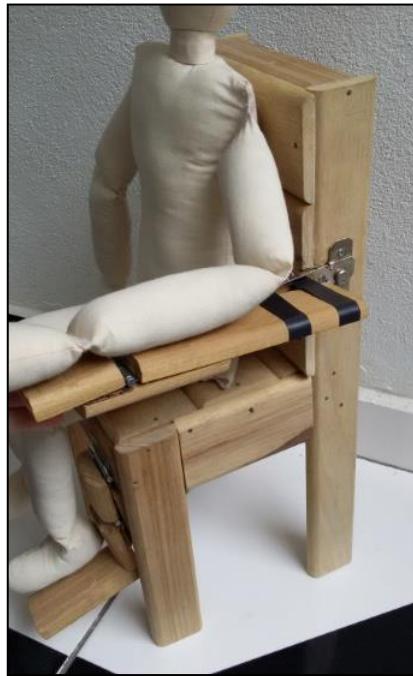
sua rigidez e peso, que não está de acordo com a estrutura de madeira da cadeira. Diante deste fato optou-se pelo uso de madeira, dobradiças e uma tranqueta.

Para construção da parte móvel, que faz o movimento do joelho e do tornozelo é fixado um lado da dobradiça na cadeira e outro lado dela em uma ripa de madeira 5 cm x 5 cm. Nota-se que as dobradiças de 2" não são adequadas, pois ultrapassam a largura da madeira e, além disso, os parafusos necessários para esta dobradiça fazem com que a madeira rache.

Utilizam-se então as dobradiças de 1/2, fixa-se um lado dela na cadeira e o outro lado na ripa de madeira de 5 cm x 5 cm. No outro lado desta ripa é fixada outra dobradiça, e no outro lado desta segunda dobradiça é fixada outra ripa de madeira de 5 cm x 5 cm com outra ripa de 6,5 cm x 5 cm já fixada em sua horizontal, para formar o encaixe do pé do paciente.

Para construção da parte móvel que faz o movimento do cotovelo e do pulso, fixa-se um lado da tranqueta de metal na lateral da cadeira, o outro lado dela é fixado na lateral de uma ripa 18 cm x 5 cm. Na outra extremidade da ripa é fixado um lado de uma dobradiça de 1/2" e no outro lado desta dobradiça é fixada uma ripa de madeira de 5 cm x 5 cm. Sob as duas madeiras é fixada uma terceira ripa, para servir de apoio à madeira que faz o movimento do pulso. A figura 3.3 mostra as partes móveis, que realizam os movimentos do paciente.

Figura 3.3 – Partes móveis da cadeira fixada

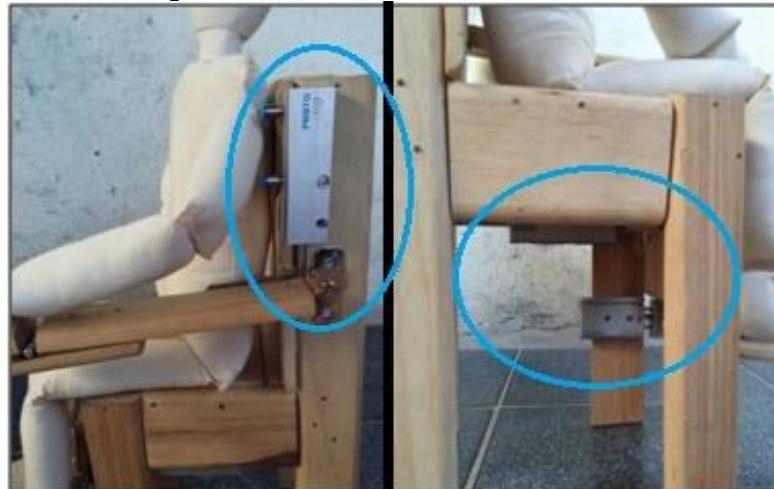


Fonte: Autoria própria, 2016.

Após finalizar a montagem das partes móveis são coladas faixas de tecido de EVA verde nas madeiras que realizam os movimentos, para que dê destaque em relação à cadeira. Depois de secar a cola das faixas fixam-se os atuadores na cadeira para fazer a movimentação. Ao tentar fixar os primeiros atuadores escolhidos, não se obteve sucesso, pois são muito grandes quando comparado ao tamanho da cadeira, e por ser no formato cilíndrico não dá estabilidade neste tipo de montagem. Então, são fixados atuadores menores e em formato retangular.

São fixados dois atuadores na parte interna da perna frontal da cadeira no lado esquerdo, um na parte inferior e um na parte superior. O atuador da parte inferior é de haste dupla e de tamanho menor. O atuador da parte superior da perna faz o movimento do joelho. Ele possui a haste mais longa, por isso seu tamanho também é maior. Para realizar a movimentação no cotovelo é fixado na lateral esquerda da cadeira um atuador linear de curso longo. A figura 3.4 mostra os atuadores, do movimento do braço e dos movimentos da perna, fixados na cadeira.

Figura 3.4 – Atuadores fixados na cadeira



Fonte: Autoria própria, 2016.

Para o movimento do pulso é fixado um mini atuador de 3 cm na parte frontal da madeira que faz o movimento do braço. A figura 3.5 mostra o mini atuador fixado na cadeira.

Figura 3.5 – Mini atuador fixado na cadeira



Fonte: Autoria própria, 2016.

O boneco é preso na cadeira através de fitas de velcro, fazendo com que fique bem fixado. Para isso são utilizadas quatro fitas de velcro, uma fita na mão, uma fita no antebraço, uma fita no tornozelo e uma fita de velcro no pé. Na figura 3.6 pode ser observada a cadeira em sua construção total.

Figura 3.6 – Cadeira finalizada



Fonte: Autoria própria, 2016.

3.2 Desenvolvimento da parte elétrica

Em seguida, inicia-se a construção da parte elétrica. A ideia principal do projeto é fornecer um produto com várias funções e compacto. Devido a isto, a parte elétrica inclui o CLP controlador lógico programável, as válvulas de duplo solenoide e a IHM interface homem-máquina unidas em uma única estrutura, que simula a montagem eletropneumática na parte de trás de uma cadeira de tamanho real.

Inicia-se com a montagem do terminal de válvulas. São utilizados um módulo CPX, um módulo com dezesseis entradas digitais, o bloco para alimentação pneumática das válvulas e quatro válvulas de duplo solenoide. As válvulas solenoides possuem conexão para tubo de 4 mm que são conectados aos atuadores da cadeira.

Em uma placa de plástico de 11 cm x 5 cm são feitos três furos, onde são fixados o botão, o led e o conector de alimentação elétrica do circuito. Com cinco perfis de alumínios é feita uma superfície, onde são presos a IHM e a placa de plástico montado anteriormente. Esta superfície é apoiada em quatro perfis de alumínio de 10 cm, que são fixados em uma placa de alumínio de 35 cm x 26 cm. Fixa-se também na placa de alumínio o módulo de entradas ethernet, um borne que

distribui a alimentação elétrica, uma válvula pneumática de abertura e fechamento manual e o terminal de válvulas. A figura 3.7 ilustra a parte elétrica em fase de construção.

Figura 3.7 – Construção da parte elétrica



Fonte: Autoria própria, 2016.

De acordo com a Norma Regulamentadora NR 12:2015 explicitada na fundamentação teórica, adota-se medidas de segurança para garantir a integridade física do paciente, sendo obrigatória a existência de um ou mais dispositivos de parada.

Para isso se instala um botão de liga/desliga que atende a norma. Ele sobrepõe todos os demais comandos, desliga todo o circuito quando desacionado. Também, atendendo a norma, o circuito de alimentação é protegido contra contato acidental, através de uma pequena caixa de plástico azul. Na figura 3.8 pode ser observada a parte elétrica concluída.

Figura 3.8 – Parte elétrica do projeto



Fonte: Autoria própria, 2016.

3.3 Desenvolvimento dos programas

Após o desenvolvimento da parte elétrica, inicia-se o desenvolvimento de dois programas, um para a IHM e um para o CLP.

Para desenvolver o programa da IHM utiliza-se o *software FED Designer 6* da Festo. Ele é gratuito e o *download* é feito através do *site*. O programa é desenvolvido em telas, adicionando textos, imagens e botões. A figura 3.9 ilustra as telas da IHM sendo desenvolvidas.

Figura 3.9 – Desenvolvimento das telas da IHM

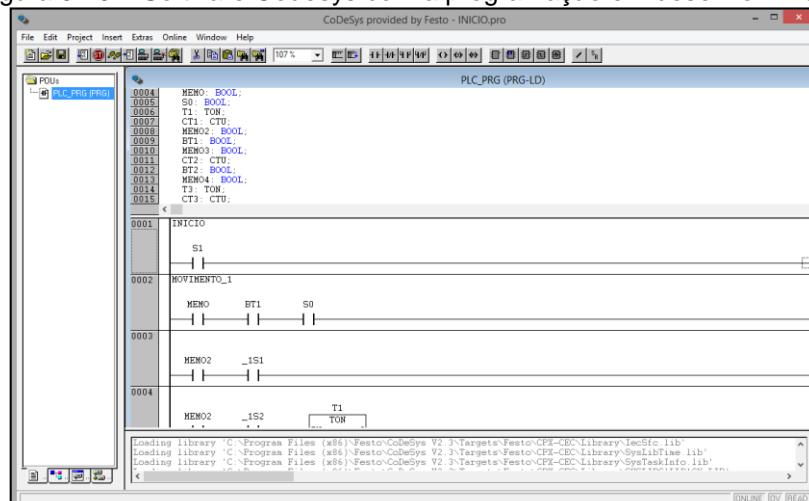


Fonte: Autoria própria, 2016.

Para desenvolver o programa do CLP utiliza-se o *software Codesys*. Também é gratuito e o *download* é feito através do site “www.festo.com/net/pt-br_br/SupportPortal”.

A linguagem de programação utilizada é o *ladder*. O desenvolvimento do programa foi baseado no circuito pneumático desenvolvido no *software Fluidsim* apresentado no apêndice C e apenas após a realização da especificação da IHM, com as telas prontas. O início do programa é apresentado no apêndice E. Na figura 3.10 é demonstrada a programação em desenvolvimento no *software*.

Figura 3.10 – Software Codesys com a programação em desenvolvimento



Fonte: Autoria própria, 2016.

3.4 Apresentação e funcionamento do SAFF

Após a construção das partes mecânicas, desenvolvimento da parte elétrica e dos programas do CLP e da IHM, apresenta-se o funcionamento do Sistema Automatizado Flexível de Fisioterapia, que é composto por cadeira de fisioterapia e a parte eletropneumática. A figura 3.11 mostra a apresentação do SAFF.

Figura 3.11 – Apresentação do SAFF



Fonte: Autoria própria, 2016.

- Especificação técnica funcional da cadeira

A cadeira é feita de madeira, atuadores pneumáticos e sensores. É capaz de realizar quatro movimentos: pulso, cotovelo, tornozelo e joelho. Após pesquisas em sites e com fisioterapeutas, nota-se que são os tendões mais lesionados, por isto são os movimentos escolhidos. A altura total da cadeira é de apenas 51 cm, pois se trata de um protótipo, os movimentos são simulados por um boneco de algodão com proporções humanas.

A movimentação do pulso ocorre através de um mini atuador e é monitorado através de um sensor cilíndrico indutivo. Contém também uma pequena placa de alumínio na parte inferior da madeira que movimenta a mão do paciente, como ilustra a figura 3.12.

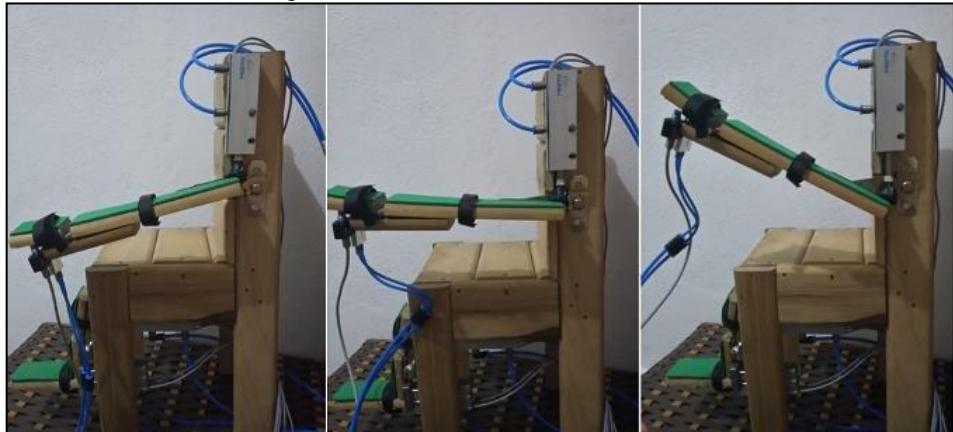
Figura 3.12 – Movimento do pulso



Fonte: Autoria própria, 2016.

Para realizar a movimentação do cotovelo utiliza-se um atuador de curso longo e dois sensores magnéticos que são presos nas ranhuras do atuador. Estes indicam quando o atuador está avançando ou recuando. A figura 3.13 mostra uma simulação do movimento do cotovelo.

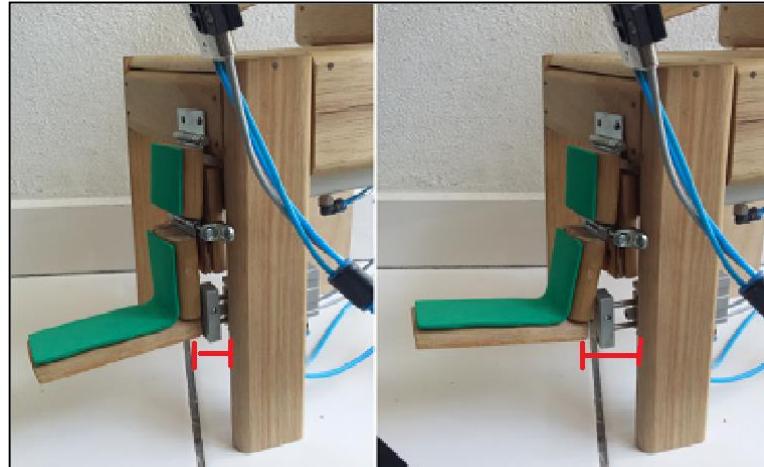
Figura 3.13 – Movimento do cotovelo



Fonte: Autoria própria, 2016.

No caso da movimentação do tornozelo é utilizado um atuador de haste dupla e dois sensores magnéticos na ranhura do atuador. Devido à cadeira ser construída para simular o movimento no boneco, a altura do tornozelo é diferente da altura do tornozelo humano, como ilustra a figura 3.14.

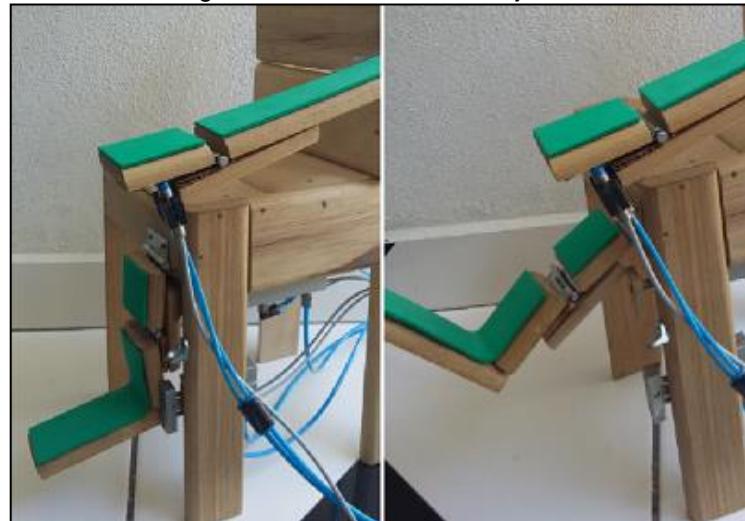
Figura 3.14 – Movimento do tornozelo



Fonte: Autoria própria, 2016.

A movimentação do joelho é realizada com o uso de um atuador de curso longo, igual ao utilizado no movimento do cotovelo, e dois sensores magnéticos na ranhura do atuador. Na haste do atuador é colocado um pequeno pedaço de madeira para empurrar a madeira que faz o movimento, conforme ilustra a figura 3.15.

Figura 3.15 – Movimento do joelho



Fonte: Autoria própria, 2016.

- Especificação técnica funcional da parte eletropneumática

Conecta-se a parte elétrica na tomada de energia 110V ou 220V, a parte pneumática deve estar conectada em alimentação pneumática. Para ligar basta girar

o botão para a posição ON, a tela acende e em alguns segundos aparece a tela inicial.

Na tela inicial o usuário clica no botão localizado no centro da tela para iniciar o programa, em seguida a tela muda. A 3.16 ilustra a primeira tela.

Figura 3.16 – Primeira tela da IHM



Fonte: Autoria própria, 2016.

A segunda tela é constituída de quatro botões, eles têm o nome do movimento á quais estão destinados. Seleciona- se apenas um dos quatro botões. A tecla "Voltar" vai aparecer em todas as telas á partir da segunda tela, quando selecionado retorna para a tela anterior. Ele é utilizado em caso de necessidade de alterar alguma informação já selecionada anteriormente. A figura 3.17 ilustra a segunda tela.

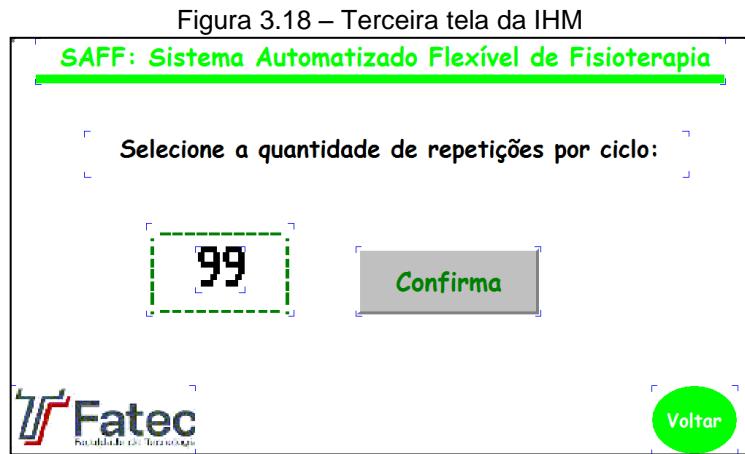
Figura 3.17 – Segunda tela da IHM



Fonte: Autoria própria, 2016.

Quando selecionado qualquer um dos quatro botões a tela muda. Na próxima tela o usuário clica no retângulo tracejado para, através de um teclado numérico,

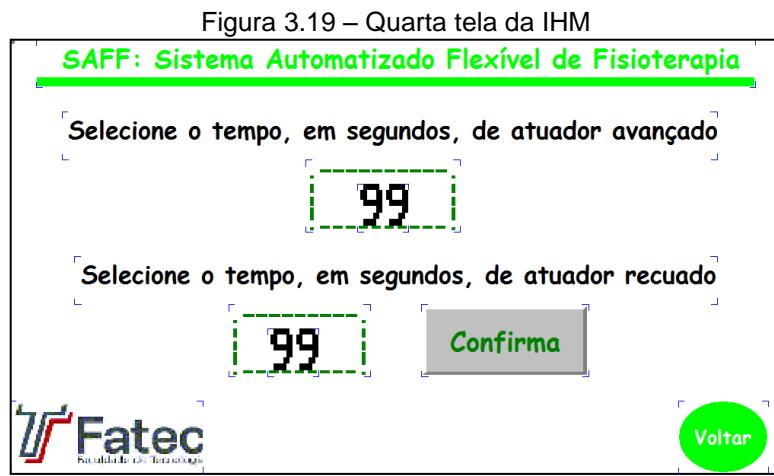
selecionar a quantidade de movimentos por ciclo e, em seguida, seleciona o botão "Confirma" para trocar de tela. A figura 3.18 ilustra a terceira tela.



Fonte: Autoria própria, 2016.

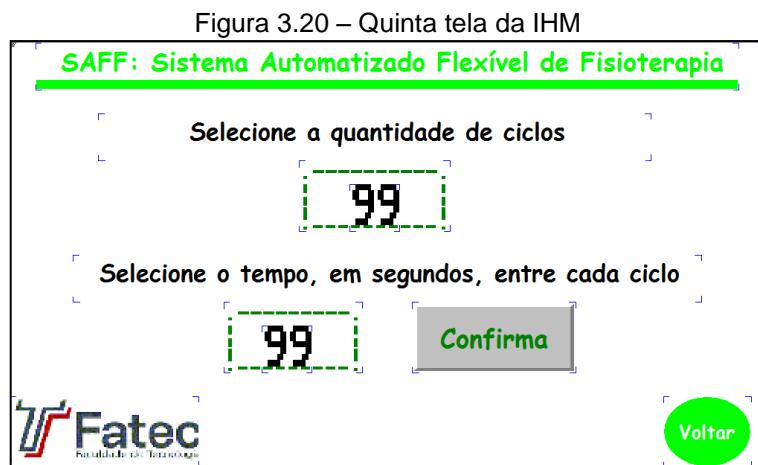
Na quarta tela se encontram dois retângulos tracejados, ao pressionar o primeiro retângulo, é inserido, novamente por teclado numérico, o tempo, em segundos, que o usuário deseja que o atuador permaneça parado avançado. Por exemplo, o tempo que o braço fica erguido.

No segundo retângulo tracejado é digitado o tempo, também em segundos, que o usuário deseja que o atuador permaneça parado recuado, como, por exemplo, o tempo que o braço fica parado antes de ser erguido novamente. Todos esses dados são confirmados através da tecla "Confirma", que muda para a próxima tela. A figura 3.19 ilustra a quarta tela.



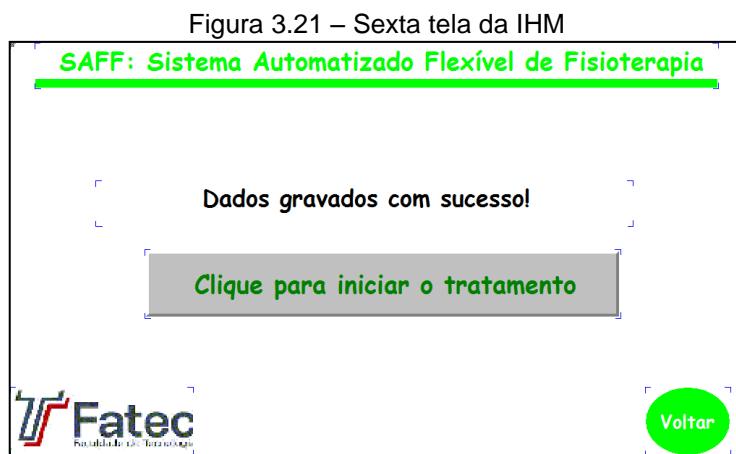
Fonte: Autoria própria, 2016.

Na quinta tela também são encontrados dois retângulos tracejados. Ao pressionar o primeiro retângulo a tela mostra um teclado numérico, onde é inserida a quantidade de ciclos que são realizados. Pressiona-se o segundo retângulo tracejado para que apareça um novo teclado numérico e o fisioterapeuta insere um tempo, em segundos, de descanso entre cada ciclo. A figura 3.20 ilustra a quinta tela.



Fonte: Autoria própria, 2016.

Na última tela é informado ao fisioterapeuta que os dados são transferidos ao CLP e todas as informações são corretas. Ao selecionar o botão no centro da tela, o aparelho SAFF se movimenta, de acordo com os dados selecionados anteriormente, realizando o tratamento. A figura 3.21 ilustra a sexta tela.



Fonte: Autoria própria, 2016.

3.5 Dificuldades e soluções encontradas durante a execução do projeto

No decorrer do desenvolvimento do projeto existiram momentos em que o grupo se deparou com dificuldades para prosseguir em novas etapas. Após discussões, consultas das teorias pesquisadas, análises e reflexões foram encontradas soluções para todas as dificuldades. Dentre outras, destacam-se:

- durante a construção da cadeira de madeira, a mesma se desmontou. O grupo não tem convivência com marcenaria. Alterou-se o tipo de madeira, os pregos, os acessórios e a forma de montar a cadeira, o que solucionou o problema;
- no momento da fixação dos atuadores notou-se que a parte que faz o movimento do pulso é pequena, dificultando a montagem. Para resolver a situação, após vários testes com diferentes tamanhos e tipos de atuador pneumático, fixa-se, então um mini atuador de 10 mm, onde foi solucionado o problema;
- outra complicação no pulso é que devido o atuador ser pequeno, ele não possui ranhuras para sensor. Como solução utiliza-se um sensor indutivo em paralelo com o atuador e fixa-se uma pequena folha de alumínio na madeira que faz o movimento;
- houve problema na programação da IHM, por se tratar de algo não visto durante a aula e não ser de conhecimento de nenhum dos integrantes do grupo. Após pesquisas, estudos e debates com especialistas o problema é solucionado.

Após a construção das partes mecânicas, desenvolvimento da parte elétrica, desenvolvimento dos programas do CLP e da IHM e apresentação do funcionamento do Sistema Automatizado Flexível de Fisioterapia, parte-se para o desenvolvimento teórico das considerações finais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho tem como objetivo construir um aparelho para auxiliar o fisioterapeuta na aplicação do tratamento em pacientes com lesões em membros superiores e inferiores, através de movimentos sequenciais no tornozelo, joelho, cotovelo e punho, com controle de repetições e movimentos automáticos. Justifica-se por melhorar a ergonomia e a produtividade do fisioterapeuta, oferecer em um mesmo aparelho movimentos para os membros superiores e inferiores, reduz o tempo de tratamento quando comparado à fisioterapia manual e aprimorar a qualidade do tratamento do paciente.

Com o uso desses aparelhos o tratamento realiza-se de modo constante e com a mesma intensidade durante os movimentos, sem limite de tempo, com a principal vantagem de não oferecer riscos ergonômicos ao fisioterapeuta. Elimina o esforço físico do fisioterapeuta. A recuperação do paciente é rápida e eficiente. Em caso de lesões simples, recebe alta do tratamento em pouco tempo e volta à sua rotina de trabalho.

O sistema automatizado é composto por uma IHM (interface homem-máquina), onde o fisioterapeuta acessa para selecionar qual movimento e a quantidade de repetições. Atuadores pneumáticos para os movimentos. E para controle são utilizados controlador programável, válvulas solenoides e sensores.

As pesquisas realizadas para a fundamentação do projeto mostram a complexidade do assunto abordado. Durante o desenvolvimento a teoria foi fundamental para dar sustentação na concretização e desenvolvimento do projeto, no que tange aos conhecimentos sobre a fisioterapia e tipos de movimentos. Com o conjunto desses conhecimentos adicionando a experiência profissional dos integrantes do grupo constituiu-se o projeto.

O caminho percorrido para a execução do trabalho, mostrado na metodologia é essencial para a organização, direcionamento e suporte para a concretização do objetivo proposto, porém para sua execução são encontradas algumas dificuldades

quanto à falta de informação dos aparelhos elétricos semelhantes, explicação do funcionamento e detalhes técnicos, os comerciantes apresentam apenas as vantagens de seus produtos.

Este trabalho proporcionou o reconhecimento de que a automação está envolvida em vários ramos diferentes, inclusive na fisioterapia. Ele representa um pequeno avanço do desenvolvimento da tecnologia, que pode ser ampliado no decorrer dos anos em decorrência de necessidades.

Como sugestão de melhoria destaca-se que os componentes escolhidos são ideais para um sistema de comunicação industrial. Há a possibilidade de adicionar um sistema supervisório, onde são acompanhadas várias cadeiras de fisioterapia junto com outros aparelhos de tratamento em tempo real. Ideal para aplicações em clínicas ou hospitais onde um fisioterapeuta pode visualizar o andamento de vários tratamentos ao mesmo tempo. Proporciona também mais segurança, pois um fisioterapeuta acompanha pessoalmente e outro fisioterapeuta acompanha no supervisório.

REFERÊNCIAS

CALLEGARO, A.M.; JUNG, C.F.; CATEN, C.S.T. **Uma síntese sobre o desenvolvimento de equipamentos para movimentação passiva contínua como contribuição a futuras pesquisas.** 8. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

CARCI - Equipamentos para Fisioterapia e Reabilitação. Disponível em <http://www.carci.com.br/Institucional/carci/site/quem_somos-_1.html>. Acesso em: 20. out. 2015

CAVALCANTE, C. C. L.; RODRIGUES, A. R. S.; DADALTO, T. V.; da SILVA, E. B. **Evolução científica da fisioterapia em 40 anos de profissão.** 24. ed. Curitiba: Scielo, 2011.

COFFITO. **Formação profissional do fisioterapeuta.** Disponível em: <<http://www.coffito.org.br/site/index.php/fisioterapia.html>>. Acesso em: 19. set. 2015.

COPETTI, S.M.B. **Fisioterapia: de sua origem aos dias atuais.** 2. ed. Paraná: FADEP, 2004.

CROMIE, J.E.; ROBERTSON, V.J.; BETS, M. O. **Work-related musculoskeletal disorders in physical therapists: prevalence, severity, risks and responses.** 4. ed. Austrália: La Trobe University, 2000.

FERREIRA, A.C.M.; MARTINS, H.O. **Movimentação passiva contínua: conceito e aplicação.** FATEC-Bauru: Cadernos de Estudos Tecnológicos, 2013.

GRAAFF, V. **Anatomia humana.** 6. ed. Barueri: Manole, 2003.

HOPPENFELD. S.; MURTHY. V.L. **Tratamento e reabilitação de fraturas.** 1. ed. São Paulo: Manole, 2000.

MICHAELIS. **Moderno dicionário da língua portuguesa.** São Paulo: Melhoramentos, 2006.

NORMA REGULAMENTADORA 12. **NR 12: segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.** Portaria MTPS, 2015

PÁDUA, Elisabete M. Marchesini de. **O trabalho monográfico como iniciação científica.** In: CARVALHO, M.C.M. (org.) Construindo o saber: metodologia científica - fundamentos e técnicas 24. ed. Campinas: Papirus, 2012.

PARKER, H. **Tecnologia eletropneumática industrial.** Jacareí: Parker training, 2001.

POLITEC, S. Produtos para reabilitação. Disponível em <<http://www.politecsaude.com.br/produtos/reabilitacao/56/>>. Acesso em: 21. out.2015

REBELATTO, J. R. BOTOMÉ, S. P. **Fisioterapia no Brasil: fundamentos para uma ação preventiva.** 2. ed. São Paulo: Manole, 1999.

ROSS, L. M. **Atlas de anatomia.** 5. ed. São Paulo: Koogan, 2008.

RUGEL, D. **Low back pain and other work-related musculoskeletal problems among physiotherapists.** 1. ed. Eslovênia: University of Ljubljana, 2003.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do trabalho científico.** 22. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

SILVA, E. C. N. **Sistemas Fluido mecânicos.** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2002.

SILVA FILHO, B. S. da. **Curso de controladores lógicos programáveis.** Rio de Janeiro: UERJ, 2012.

WECKER, J. E. **Termos anatômicos.** Disponível em: <<http://www.auladeanatomia.com/site/pagina.php?idp=76>>. Acesso em: 03. out. 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A – EXEMPLO DO QUESTIONÁRIO REALIZADO COM FISIOTERAPEUTAS

Nome: Maria Cecília Caroni

Idade: 55 anos

Crefito: 3/22377-F Clínica: Sefis fisioterapia

1. Qual sua qualificação profissional?

R: Formei-me no curso de graduação de Educação Física no ano de 1984 e depois me formei no curso de graduação de Fisioterapia no ano de 1997.

2. Há quanto tempo exerce a função?

R: Comecei a trabalhar como fisioterapeuta no ano de 1997, portanto já são 18 anos de experiência na área.

3. Qual o tempo médio de duração de um tratamento?

R: Depende do tipo de tratamento e do estado atual da lesão. No caso de tratamento pós-operatório de ortopedia, por exemplo, dura em média de 1 a 6 meses.

4. O porte físico do paciente (grande/ pequeno demais) em relação ao fisioterapeuta pode atrapalhar na aplicação do tratamento?

R: Quando ocorre do tamanho do paciente não ser proporcional ao tamanho do profissional, devemos nos posicionar de maneira com que o paciente tenha maior comodidade para aplicação do tratamento.

5. Ao aplicar a fisioterapia já lhe ocorreu algum problema ergonômico devido ao mau posicionamento?

R: Sim, às vezes o espaço não adequado, acomodação de equipamento e outros não nos deixa alcançar uma postura ergonômica, mas como foi dito anteriormente aprendemos a nos posicionar junto à tarefa.

6. Há algum tratamento que necessita de muitos movimentos repetitivos e contínuos?

R: A fisioterapia é um trabalho manual é raro o procedimento que não colocamos a mão.

7. Em sua opinião, gostaria de utilizar algum equipamento automatizado para ajudar a realizar tratamento fisioterápico?

R: Sim, nenhum aparelho consegue substituir a mão do fisioterapeuta, o contato manual é sempre necessário, mas é muito útil o uso de alguns aparelhos como, por

exemplo, suporte terapêutico, para que possamos alcançar os objetivos de maneira mais fácil e rápida com exercícios ativos.

8. Quanto aos movimentos realizados pelo fisioterapeuta nos membros lesionados do paciente, como devem ser realizados?

R: Devem ser realizados sempre com frequência e intensidade constante, aumentando a frequência e o grau de ampliação após algumas sessões para que o paciente obtenha evolução do movimento. Sempre deve ser considerada a fase em que se encontra a lesão do paciente.

9. A automação (aparelhos elétricos ou mecânicos) tem contribuído com os tratamentos?

R: Sim

10. O que pode ser feito para ajudar o desempenho dos tratamentos?

R: As novas tecnologias têm contribuído muito no desenvolvimento e melhora das aplicações dos tratamentos, como por exemplo, na eletrotermoterapia e na mecanoterapia.

11. Quais são as lesões mais comuns?

R: No consultório recebemos os mais diversos tipos de lesões, os mais comuns são fraturas ou rompimento nos ligamentos e traumas em geral. Cada tratamento é dedicado a tipos diferentes de lesões e também de acordo com o estágio da lesão.

12. Qual o tratamento mais aplicado?

R: Geralmente o paciente ao iniciar seu tratamento apresenta edema, perda de funções e principalmente dor, nesse momento começa-se a tratar inicialmente com analgesia, para reduzir essas queixas. Conforme o paciente for melhorando, evoluindo satisfatoriamente, progredimos para cinesioterapia, exercícios realizados pelo fisioterapeuta, visando o ganho de suas funções como mobilidade, força etc.

APÊNDICE B – ENTREVISTA REALIZADA PESSOALMENTE GRAVADA EM VÍDEO

Nome: Prof.^a Dra. Carla Mazzitelli Crefito: 3/ 23925-F

Profissão: Coordenadora do curso de Fisioterapia da Universidade Metodista de São Paulo UMESP e docente da Universidade Municipal de São Caetano do Sul.

Entrevista gravada no dia 17 de novembro de 2015.

Dra. Carla: Sou Carla Mazzitelli, sou coordenadora do curso de fisioterapia da Universidade Metodista e sou formada há dezoito anos.

Entrevistador: Os equipamentos automáticos têm contribuído na recuperação física do paciente?

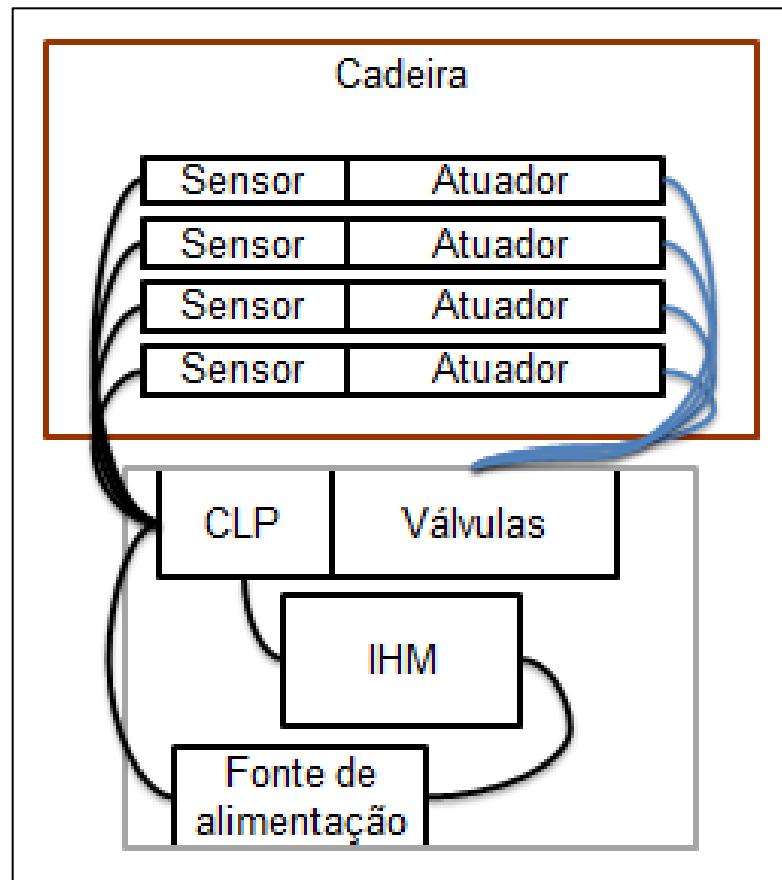
Dra. Carla: Ajudam, não é o grande diferencial. Eu acho que o maior diferencial está no processo onde o paciente é mais ativo do que quando você tem um equipamento que faz o movimento por ele. Então, em alguns casos ele ajuda mais que são aqueles casos que o paciente realmente não tem condição de realizar o movimento, então eles tem o papel, a importância maior.

Entrevistador: Já viu algum equipamento similar a este protótipo?

Dra. Carla: Eu já vi eles desmembrados, um pra membro superior e um pra membro inferior. Um equipamento para os dois membros não. Como a gente já tem ele para membro superior e inferior, seria o benefício de ter um único equipamento.

Pensando nas questões da fisioterapia, está muito claro que vocês querem a adequação dele para o contexto do ser humano. Vocês estão trabalhando com um equipamento, (então) na hora que você for ter um ser humano utilizando tem que ver as condições ergonômicas que traga conforto adequado ao paciente.

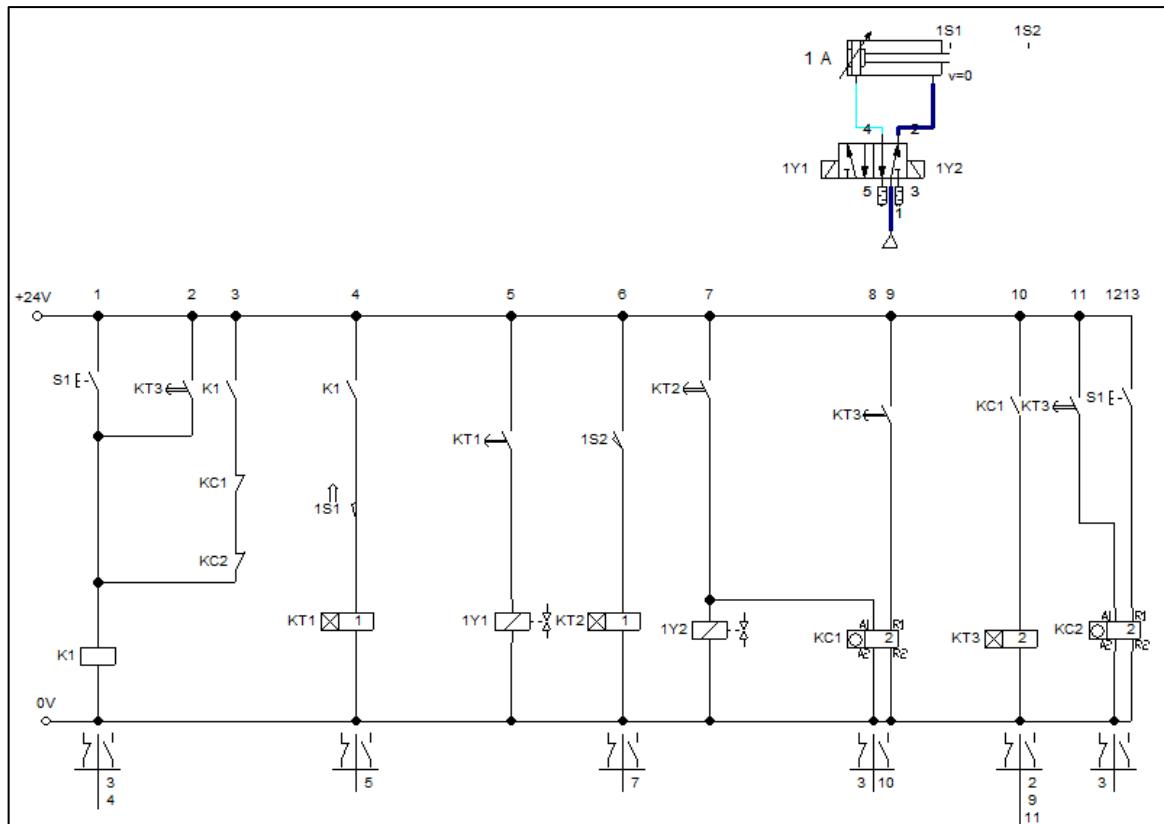
APÊNDICE C – DIAGRAMA EM BLOCOS DO PROJETO



Fonte: autoria própria, 2016.

Conforme mostra o diagrama em blocos acima, os sensores são fixados nos atuadores, e os atuadores são fixados na cadeira. O circuito eletropneumático é montado numa estrutura a parte, que contém o CLP controlador lógico programável, as válvulas solenoides, a IHM interface homem máquina e a fonte de alimentação.

APÊNDICE D – CIRCUITO ELETPNEUMÁTICO

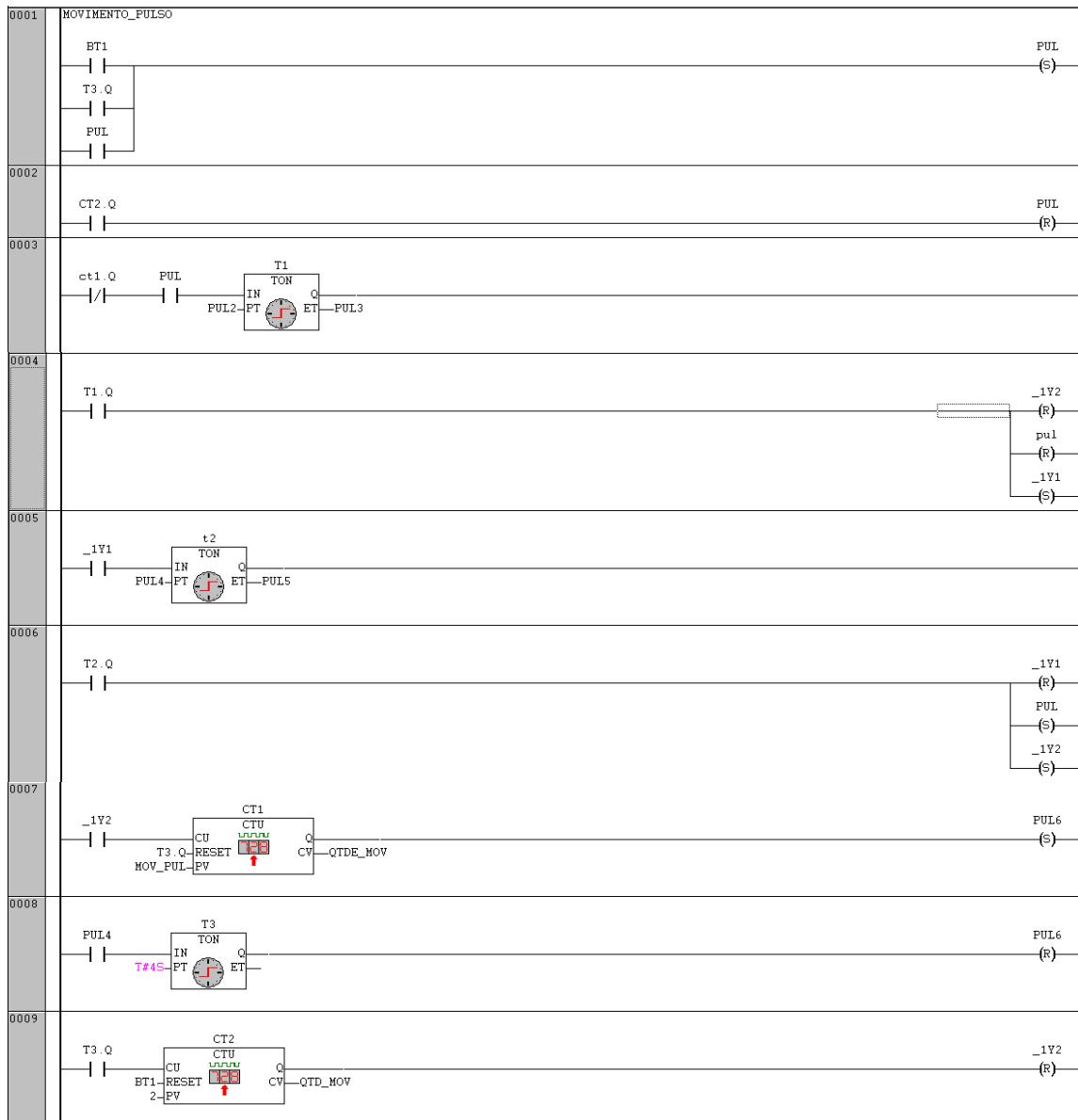


Fonte: autoria própria, 2016.

O circuito eletropneumático acima é desenvolvido no software Fluidsim da Festo.

TAG	Descrição
1A	Atuador pneumático
1Y1	Solenóide de avanço
1Y2	Solenóide de recuo
K1	Contator para realizar o selo
S1	Botão de start
1S1	Sensor de atuador recuado
1S2	Sensor de atuador avançado
KT1	Temporizador de atuador recuado
KT2	Temporizador de atuador avançado
KT3	Temporizador de descanso entre os ciclos
KC1	Contador de movimentos
KC2	Contador de ciclos

APÊNDICE E – PROGRAMAÇÃO EM LADDER



Entradas		Saídas	
TAG	Descrição	TAG	Descrição
BT1	Botão de início	_1Y1	Solenóide de avanço
T1	Temporizador de atuador recuado	_1Y2	Solenóide de recuo
T2	Temporizador de atuador avançado		
T3	Temporizador de descanso entre os ciclos		
CT1	Contador de movimentos		
CT2	Contador de ciclos		

O programa acima se trata de um dos quatro tipos de movimento e ainda em fase de desenvolvimento, ou seja, pode ainda ter modificações até a conclusão do projeto.