

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA ÊNFASE EM
ELETRÔNICA E TELECOMUNICAÇÕES

MARCOS DINÍS LAVARDA

**DISPOSITIVO PARA ANÁLISE DA SIMETRIA MUSCULAR DE
QUADRIL EM PACIENTES HEMIPARÉTICOS COM APLICAÇÃO NO
AUXÍLIO DA REABILITAÇÃO DA MARCHA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2014

MARCOS DINÍS LAVARDA

**DISPOSITIVO PARA ANÁLISE DA SIMETRIA MUSCULAR DE
QUADRIL EM PACIENTES HEMIPARÉTICOS COM APLICAÇÃO NO
AUXÍLIO DA REABILITAÇÃO DA MARCHA**

Projeto apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 de Engenharia Industrial Elétrica com Ênfase em Eletrônica e Telecomunicações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.
Orientador: Prof. Dr. Gustavo Benvenuto Borba
Co-orientador: Leonardo Grilo Gomes

CURITIBA

2014

MARCOS DINÍS LAVARDA

**DISPOSITIVO PARA ANÁLISE DA SIMETRIA MUSCULAR DE
QUADRIL EM PACIENTES HEMIPARÉTICOS COM APLICAÇÃO NO
AUXÍLIO DA REABILITAÇÃO DA MARCHA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro em Engenharia Industrial Elétrica: Ênfase em Eletrônica/Telecomunicações pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, 28 de fevereiro de 2014.

Prof. Dr. Hilton José Silva Azevedo
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. Dr. Dario Eduardo Amaral Dergint
Coordenador de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gustavo Benvenuto Borba

Prof. Dr. Rubens Alexandre de Faria

Prof. Dr. Percy Nohama

AGRADECIMENTOS

Agradeço a tudo e todos que de alguma forma tornaram possível realizar com sucesso essa fase da minha vida.

À Deus por tornar tudo isso possível.

À minha família e pessoas próximas por acreditarem em mim e nos meus sonhos em todos os momentos, pela força, carinho, dedicação e conselhos.

Aos amigos e colegas pelo companheirismo, inúmeras horas de estudo e crescimento mútuo ao longo do curso.

À UTFPR e aos professores pela disposição em abrir portas constantemente e disponibilizar ferramentas, espaços físicos e suporte técnico-científico necessários no desenvolvimento do curso e deste trabalho.

À PROGRAD pela bolsa do Programa de Bolsas de Fomento às Ações de Graduação.

Agradeço ao Dr. Gustavo Benvenuti Borba pela orientação neste trabalho, prestatividade e constante preocupação com a qualidade do estudo desenvolvido e apresentado.

Ao Dr. Leonardo Grillo Gomes pela colaboração no desenvolvimento da proposta e auxílio nos pontos da área da médica e da saúde.

Por fim, à banca examinadora pela atenção e apontamentos responsáveis por engrandecer o estudo realizado.

RESUMO

Lavarda, D., Marcos. Dispositivo para análise da simetria muscular de quadril em pacientes hemiparéticos com aplicação no auxílio da reabilitação da marcha. 2014. Trabalho de conclusão de curso – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Resumo: No mundo, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 16 milhões de pessoas sofrem acidente vascular cerebral (AVC) todos os anos. Muitos destes pacientes passam posteriormente ao estágio de hemiparesia, definida pelo comprometimento motor de um dos hemisférios do corpo após o trauma causado a uma região cerebral responsável pelo controle muscular. Essa disfunção pode afetar a capacidade do paciente permanecer sentado sem desvio postural, bem como comprometer a marcha, ocasionado pelo desalinhamento do centro de gravidade do paciente, sendo necessário submetê-lo a um tratamento de reabilitação. Como a reabilitação busca basicamente a reaprendizagem dos movimentos a partir de treino motor, existe uma demanda por um equipamento que seja capaz de mensurar os esforços dos pacientes durante o tratamento, tornando menos subjetivas as análises dos profissionais. Dessa forma, para o caso de pacientes hemiparéticos, é necessário desenvolver um equipamento que capture os esforços sob os pés e quadril do paciente enquanto estiver sentado, em pé ou ambos, pois é preciso analisar o alinhamento postural do quadril e das pernas de forma simultânea. Portanto, a metodologia empregada para desenvolver este trabalho foi a aplicação de poucos sensores de força, pois seu objetivo é realizar análises comparativas entre os próprios sensores, verificando se os esforços realizados nos sensores correspondentes ao hemisfério esquerdo do corpo do paciente são equivalente aos do hemisfério direito. Para isso, os sensores foram posicionados entre duas chapas plásticas, formando duas plataformas. Uma posicionada sob o quadril e outra sob os pés do paciente. Os esforços realizados são mensurados e apresentados de forma gráfica na tela de um computador (*biofeedback*). Para a medida de força são utilizados oito sensores de pressão do tipo piezoresistivos. Os sinais dos sensores são condicionados e enviados a uma CPU baseada no microcontrolador ARM 32 bits Cortex-M4, que se comunica com o computador por meio da porta USB. No computador, um programa em Matlab® apresenta ao usuário, em tempo real, as forças exercidas em cada um dos oito sensores, em um gráfico de barras. O protótipo apresenta um custo inferior ao dos concorrentes, devido à utilização de componentes de baixo custo. Um dos benefícios desta ferramenta de auxílio à reabilitação está na possibilidade de avaliação quantitativa (não subjetiva) do alinhamento postural do paciente. Embora algumas dificuldades tenham ocorrido nos resultados obtidos, como deformação das chapas utilizadas, espera-se que este equipamento desenvolvido possa ser utilizado como um protótipo funcional base para ser reproduzido na realização de novos estudos e aprimoramentos da área de pesquisa. Futuramente, espera-se a realização de testes, dispositivos similares, em clínicas especializadas, instituições de ensino e pesquisa e por profissionais da área, a fim de melhorar a qualidade das análises e tratamentos de reabilitação com *biofeedback*.

Palavras-chave: Reabilitação. Hemiparesia. *Biofeedback*. Plataforma de medição de forças.

ABSTRACT

Lavarda, D., Marcos. Device to analyze the muscular symmetry in hemiparetic patients with hip application in aid of gait rehabilitation. 2014. Completion of course work - Academic Department of Electronics, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2014.

Abstract: Around the world, according to the World Health Organization (WHO), about 16 million people suffer cerebral vascular accident (CVA) every year. Many of these patients begin to hemiparesis stage, defined by motor impairment from one of body hemispheres after CVA, causing affecting muscle control. This dysfunction can affect a patient's ability to remain seated without postural deviation, as well as compromising the gait, caused by misalignment from patient's center of gravity, because it is necessary to submit his to a rehabilitation treatment. As rehabilitation basically seeks relearning of movements as of motor training, there is a demand for a device that is capable of measuring the efforts from patients. Therefore, for the case of hemiparetic patients, it is necessary to develop a device that captures the efforts underfoot and hip while his is sitting, standing, or both, because it is necessary to analyze the postural alignment hip and legs simultaneously. Thus, the methodology used to develop this work is implement a few force sensors because its goal is compare the signals from sensors checking that the efforts made in the sensors by left hemisphere of patient's body are equivalent to the right hemisphere. For this, the sensors were placed between two plastic sheets forming two platforms. These platforms are positioned under hips and legs of the patient's efforts to acquire and present the results graphically on a computer screen, which features a process of biofeedback. To measure strength eight piezoresistive pressure sensors are used. The sensor signals are conditioned and sent to a CPU based on ARM microcontroller 32-bit Cortex-M4that communicates with the computer through the USB port. On the computer, a Matlab ® app show to the user a bargraph in real-time the streight exerted on each of the eight sensors. The prototype has a lower cost than concurrent due to the use of low-cost components. One of the benefits of this tool to aid rehabilitation is the possibility of quantitative assessment (not subjective) of the patient's postural alignment. Although some difficulties have occurred on the results, as deformation of plates used, it is expected that the developed device can be used as a functional prototype for being propagated like bases on new studies and improvements of the survey area. In the future, it is expected that other tests with similar devices have being performed in specialized clinics, education and research institutions and professionals in order to improve the quality of analysis and biofeedback rehabilitation treatments .

Keywords: Rehabilitation. Hemiparesis. Biofeedback. Platform to measurement forces.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Propriedades da construção do sensor piezoresistivo.	19
Figura 2 - Variação da resistência e condutividade de acordo com a força.	19
Figura 3 - Circuito de condicionamento do sinal recomendado.....	20
Figura 4 - Curva da Tensão de saída x Resistência.....	21
Figura 5 - Kit de desenvolvimento microcontrolado.....	22
Figura 6 - Diagrama em blocos do sistema.....	24
Figura 7 – Sensor de força resistivo.....	26
Figura 8 – Experimentação da resposta do FSR.....	26
Figura 9 - Tensão de saída e resistência em função o esforço realizado.	27
Figura 10 - Diagrama esquemático da placa de aquisição.....	28
Figura 11 – Roteamento da PCB do módulo de aquisição.....	29
Figura 12 - Placa de circuito impresso do módulo de aquisição.....	29
Figura 13 - Acondicionamento dos circuitos e componentes uma caixa plástica.....	30
Figura 14 - Dimensionamento das plataformas.....	31
Figura 15 – Anel ósteo-articular fechado.....	32
Figura 16 – Representação das medidas da pelve.	33
Figura 17 – Triângulo de Kapandji.	34
Figura 18 - Disposição dos sensores e placas de fixação.....	35
Figura 19 - Modelos virtuais das placas de circuito impresso das plataformas.	36
Figura 20 - Simulação da construção das plataformas.	36
Figura 21 - Construção dos sensores apoiados entre as chapas de PS.....	37
Figura 21 - Fixação da PCB de conexão das plataformas e pés de borracha.	37
Figura 23 - Disposição dos pés emborrachados das plataformas.....	38
Figura 24 - Fluxograma do firmware.	39
Figura 25 - Fluxograma do projeto do software.....	40
Figura 26 - Interface gráfica desenvolvida.	41
Figura 27 – Ensaio de esforço com inclinação à direita e à esquerda.	42
Figura 28 – Ensaio de esforço com inclinação de tronco à porção posterior e anterior.....	43
Figura 29 – Ensaio com incidência do esforço no pé direito e pé esquerdo.	43
Figura 30 – Ensaio de esforço com incidência retropodal e anteropodal.	43
Figura 31 - Resposta do sistema de acordo com os esforços realizados.	44
Figura 32 - Protótipo desenvolvido completo.	48

Figura 33 - Divisão das atividades realizadas no TCC.....	48
Figura 34 - Produto completo.....	49
Figura 35 – Modelo Canvas do projeto.	51
Figura 36 - Estrutura Organizacional.....	54
Figura 37 - Interface gráfica desenvolvida.	60
Figura 38 - Utilização do sistema e suas diferentes respostas de acordo com os esforços feitos.	61
Figura 6 - Projeção de vendas do produto.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadro de Pessoal.....	55
Tabela 2 - Análise SWOT para a empresa.....	56
Tabela 3 - Cronograma por atividades.	57
Tabela 4 - Cronograma por designação e gastos.	68
Tabela 5 - Cronograma por designação e gastos.	68
Tabela 6 - Cronograma por designação e gastos.	69
Tabela 7 - Custos fixos.....	70
Tabela 8 - Custos de produção unitária do produto.	70
Tabela 9 - Determinação do preço do produto.	71
Tabela 10 - Ponto de equilíbrio.	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Análise comparativa de concorrentes para plataformas de simetria.	62
---	----

LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E ABREVIações

ADC	<i>Analog to digital converter</i> (Conversor analógico-digital)
AMP OP	Amplificador Operacional
ARM	<i>Advanced RISC Machine</i> (Máquina de arquitetura RISC avançada)
AVC	Acidente Vascular Cerebral
BPS	Bit Por Segundo
CCS	<i>Code Composer Studio</i>
CI	Circuito Integrado
CMES	Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde
DC	<i>Direct Current</i> (Corrente contínua)
EMI	Electromagnetic Interferences (Interferências eletromagnéticas)
G	Centro de Gravidade
GUI	Graphical User Interface
PCB	Printed Circuit Board (Placa de circuito impresso)
PE	Ponto de Equilíbrio
PS	Poliestireno
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computing</i> (Conjunto reduzido de instruções)
ROI	<i>Return on Investment</i> (Retorno sobre investimento)
SNC	Sistema Nervoso Central
SPS	<i>Sample Per Second</i> (Amostras por segundo)
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
μC	Microcontrolador

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	DELIMITAÇÃO DO TEMA	14
1.2.	PROBLEMAS E PREMISSAS	15
1.3.	JUSTIFICATIVAS TÉCNICAS	17
1.4.	OBJETIVOS	17
2.	PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS	18
2.1.	SENSOR DE FORÇA	18
2.2.	KIT MICROCONTROLADO	22
3.	DESENVOLVIMENTO	24
3.1.	DIAGRAMA DO PROJETO	24
3.2.	SENSORIAMENTO	25
3.3.	AQUISIÇÃO E AMPLIFICAÇÃO	28
3.4.	ESTRUTURAÇÃO MECÂNICA	30
3.5.	PROGRAMAÇÃO	39
3.5.1.	<i>Firmware</i>	39
3.5.2.	<i>Software</i>	40
3.6.	ENSAIOS	42
4.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	46
4.1.	TRABALHOS FUTUROS	46
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
5.1.	IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL	47
5.2.	TEMPO DE ESTUDO	48
6.	PLANO DE NEGÓCIOS	49
6.1.	SUMÁRIO EXECUTIVO	49
6.2.	DESCRIÇÃO DO NEGÓCIO	52
6.2.1.	Visão	53
6.2.2.	Missão	53
6.2.3.	Valores	53
6.3.	EQUIPE E ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	53
6.3.1.	Quadro de pessoal	54
6.4.	ANÁLISE ESTRATÉGICA	56
6.4.1.	Cronograma	57

6.4.2.	Estratégia de preços.....	57
6.4.3.	Estratégia de vendas.....	58
6.5.	PRODUTOS E SERVIÇOS	59
6.5.1.	Análise comparativa	62
6.5.2.	Produtos e serviços futuros	63
6.6.	ANÁLISE DE MERCADO	64
6.6.1.	Segmentação de mercado.....	64
6.6.2.	Segmento alvo de mercado.....	65
6.7.	MÉTODOS E PROCESSOS	66
6.8.	ANÁLISE FINANCEIRA.....	68
6.8.1.	Investimentos necessários	68
6.8.2.	Fluxo de caixa operacional do projeto	68
6.8.3.	Indicadores financeiros.....	69
6.8.4.	Análise do break-even.....	69
6.9.	ANÁLISE DE CENÁRIOS.....	72
	REFERÊNCIAS.....	74
	APÊNDICES	I
	APÊNDICE A – PESQUISA DE MERCADO	I
	APÊNDICE B – CÓDIGO EM C DO <i>FIRMWARE</i>.....	VIII
	APÊNDICE C – CÓDIGO MATLAB.....	X

1. INTRODUÇÃO

O campo que estuda os problemas de locomoção e a mobilidade dos seres humanos, bem como a sua inserção na sociedade a partir de tratamentos físicos (próprio corpo como ferramenta de recuperação), é conhecido como reabilitação física. Esta área de estudo engloba diversas ramificações das áreas da saúde. Entre elas, esta o *biofeedback* que, de acordo com West (2007), trata-se de uma forma de tornar disponível à mente, utilizando equipamentos analógicos ou digitais, informações referente ao comportamento do corpo no meio ambiente.

Historicamente, o estudo da reabilitação física teve seu início no século XX, com a necessidade dos governos da criação de métodos terapêuticos com a finalidade de reinserir os indivíduos afetados pelas guerras ao mercado de trabalho.

Na década de 50, muitas foram as técnicas desenvolvidas para o processo de reabilitação, aprimoradas e baseadas nas alterações corporais: temperatura corporal, movimentação (passiva e ativa) dos membros, entre outros que serviram de parâmetro para a criação de métodos mais eficazes.

O médico Karel Bobath e sua esposa, a fisioterapeuta Berta Otilie Busse, desenvolveram o Conceito Bobath (RAINE, MEADOWS e LYNCH-ELLERINGTON, 2009). O Conceito Bobath estabelece que movimentos padronizados do corpo (reações à reflexos motores) podem ser utilizados como um recurso para a reabilitação motora de pacientes com lesões neurológicas. Atualmente, o Conceito Bobath continua sendo referência para a reabilitação motora, conforme a Associação Brasileira de Fisioterapia em Neurologia para o Desenvolvimento e Divulgação dos Conceitos Neurofuncionais¹.

A reabilitação motora é uma área de estudo, continuamente aprimorada pela sociedade médica, que auxilia indivíduos com dificuldades motoras diversas. Nos últimos anos, esse ramo de estudo vem ganhando projeção no Brasil, devido à necessidade de novas alternativas de inserção no mercado de trabalho e na sociedade. Segundo Bobath, a posição ortostática e a marcha são essenciais para as atividades de vida diárias e dependem do complexo sistema de coordenação motora cérebro-músculos. A incapacidade de estes pacientes hemiparéticos

¹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FISIOTERAPIA EM NEUROLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO E DIVULGAÇÃO DOS CONCEITOS NEUROFUNCIONAIS. Conceito BOBATH, 2011. Disponível em: <<http://www.abradimene.org.br/artigos-materias/conceito-bobath>>. Acesso em: 15 jan 2014.

caminharem, e até permanecerem sentados, por vezes se estende além das atividades de vida diária, criando barreiras para sua participação nas atividades de convívio social.

Dessa forma, muitos profissionais utilizam técnicas de estímulo motor em tratamentos de pacientes em processo de reabilitação, nas quais o objetivo é promover o aprendizado dos movimentos que apresentam limitações. O profissional deve estudar as limitações de movimento específicas de cada paciente e realizar repetidamente estímulos a fim de reduzir-se as limitações de movimento, promovendo a compreensão do desempenho motor - como o movimento é produzido - e também da aprendizagem motora (RAINE, MEADOWS e LYNCH-ELLERINGTON, 2009).

Atualmente, o estado da arte da área envolve a realimentação sensorial (*biofeedback*). O uso equipamentos adequados é essencial para proporcionar ao paciente um retorno compreensível dos movimentos que estão sendo executados por ele. Com isso, é possível treinar o cérebro para a execução dos movimentos básicos dos membros de forma autônômica (WEST, 2007).

Normalmente, os movimentos musculares necessários para o indivíduo caminhar, levantar e sentar são feitos de forma automática, por isso, utilizando meios lúdicos é possível alcançar resultados excelentes. Os equipamentos de realimentação sensorial (*biofeedback*) podem retornar ao paciente os resultados do sensoriamento na forma de elementos visuais simples, como gráficos de barras. Isto possibilita uma fácil compreensão do estado atual do corpo e as reações a serem tomadas a seguir, mesmo para o caso de pacientes com algum déficit intelectual. Segundo Schwartz (2003), este déficit pode ter sua origem relacionada a lesões neurológicas decorrentes de traumas ou ter sido causada por acidente vascular cerebral (AVC).

Muitos pacientes que sofreram AVC passam posteriormente ao estágio de hemiparesia, definida pelo comprometimento motor após uma lesão vascular no sistema nervoso central (SNC). Essa patologia é responsável pelo processo da marcha hemiparética, que consiste no desalinhamento do centro de gravidade do paciente, uma vez que a lesão causada ao cérebro compromete parte dos movimentos, desde o posicionamento sentado até a fase de marcha, sendo necessário submeter o paciente a um tratamento de reabilitação (CARVALHO, VANDERLEI, *et al.*, 2007).

Sendo assim, o desenvolvimento de um equipamento para auxiliar o profissional na avaliação dos movimentos do paciente é muito importante, pois possibilita uma análise quantitativa do desempenho do paciente durante tratamentos de reabilitação. Conforme Robinson (2001) argumenta, durante a reabilitação as informações sensoriais podem ser processadas ou simples. Se processadas para ser audíveis e visíveis, pode-se utilizar alto-falantes e fontes luminosas para facilitar a compreensão do sinal fisiológico captado (ROBINSON, Andrew J e SNYDER-MACKLER, Lynn, 2001).

Portanto, este equipamento consiste basicamente de sensores que permitam a medida indireta das atividades motoras, repassando-as a um processador que interpreta os dados e apresenta de forma gráfica os resultados, em um formato de fácil interpretação.

1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA

As patologias que afetam pacientes com dificuldades de locomoção, geralmente estão relacionadas ao controle da marcha e de tarefas como levantar e sentar. Esses movimentos envolvem interações complexas entre tarefas que permitem adaptar os movimentos para diferentes demandas de acordo com a necessidade (RAINE, MEADOWS e LYNCH-ELLERINGTON, 2009). Essas patologias são causadas, entre outros, por problemas relacionados ao quadril, pois esta é uma região chave que possibilitou o bipedismo humano, sendo indispensável haver uma postura adequada antes de executar o primeiro passo. Portanto, o sensoriamento desse ponto chave é indispensável para obterem-se bons resultados.

Sabe-se que, atualmente, muitos equipamentos para reabilitação da marcha utilizam células de carga, que fazem a aquisição da distribuição do peso dos pacientes pelos pés. A etapa da transdução/sensoriamento é essencial para obterem-se bons resultados (SCREMIM, 2012). Estes equipamentos são utilizados no processo de avaliação do paciente em estado de marcha bípede. Ainda, na maioria dos casos, são equipamentos de alto custo e, por isso, pouco acessíveis para uma grande parcela da população.

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um equipamento que permite avaliar o paciente também em posição sentada, para ampliar a eficácia do processo de reabilitação. Utilizando o dispositivo, o profissional pode realizar a

análise dos esforços no quadril e membros inferiores do paciente. Estes esforços devem ser medidos utilizando-se células de carga dispostas abaixo dos ísquios e abaixo das plantas dos pés.

Ressalta-se que, de acordo com as pesquisas realizadas até o momento, não foram encontradas referências a este tipo de protocolo de tratamento, envolvendo a análise simultânea do quadril e dos pés. Além disso, não foram encontrados também equipamentos similares ao desenvolvido neste trabalho. Assim, pode-se considerar que este trabalho é destinado ao desenvolvimento de um protótipo de relativo baixo custo, com aplicação na análise comparativa dos esforços realizados nos sensores do hemisfério direito e esquerdo.

1.2. PROBLEMAS E PREMISSAS

A falta de acessibilidade e infraestrutura observada no país, como simples rampas de acesso, e a não conformidade das instalações com relação às normas técnicas de acessibilidade elaborada pela ABNT, a NBR 9050/1994, estão entre os problemas mais relevantes e corriqueiros a serem considerados e corrigidos.

De acordo com a Declaração Universal dos Direitos Humanos ²(1984, Artigo XXV), “Toda pessoa tem direito a um padrão de vida capaz de assegurar a si e a sua família saúde e bem estar”, portanto é imprescindível a busca pelo desenvolvimento de projetos que tenham como objetivo proporcionar meios de atingir o bem estar social de todos, sendo neste estudo, um projeto tecnológico para auxiliar a reabilitação de pessoas hemiparéticas.

Assim, pacientes que sofreram AVC e encontram-se limitados fisicamente, sofrem diariamente com a locomoção devido à hemiplegia. Para essas pessoas, fisioterapia com treino motor adequado possibilita minimizar as limitações nas atividades de vida diária.

As técnicas utilizadas diariamente em clínicas baseiam-se na atuação de um profissional que instrui e avalia os movimentos exercidos pelo paciente. Assim, ao identificar que o movimento foi executado de forma incorreta, o paciente é instruído a repeti-lo ou corrigir seu posicionamento.

² SECRETARIA DE DIREITOS HUMANOS. DECLARAÇÃO UNIVERSAL DOS DIREITOS HUMANOS - Artigo XXV. Secretaria de Direitos Humanos, 1948. Disponível em: <http://portal.mj.gov.br/sedh/ct/legis_intern/ddh_bib_inter_universal.htm>. Acesso em: 14 mar 2014.

Essa metodologia dificulta ao paciente compreender como deve realizar o movimento. Sendo assim, o equipamento proposto pretende auxiliar com *biofeedback* o profissional que auxilia o paciente, facilitando a interpretação dos exercícios realizados e orientações a serem passas ao paciente.

Entre as motivações deste projeto, encontra-se a necessidade de um retorno, ao profissional, da real situação dos estímulos realizados pelo paciente. Para isso, as células de carga do equipamento proposto deverão ser dispostas de forma a mensurar e comparar quatro pontos do corpo do paciente sentado. São estes, logo abaixo de cada ísquio e abaixo de cada planta dos pés.

Quanto à exequibilidade deste projeto, será dado foco a dispositivos e estruturas de fácil aquisição e custo relativamente baixo para que seja possível disponibilizá-lo amplamente. Podem-se identificar como requisitos do sistema: oito células de carga com capacidade de 100 kg cada; duas plataformas de poliestireno (PS), para dispor abaixo dos glúteos e pés do paciente; um circuito de amplificação do sinal tornando-lhe mensurável; um microcontrolador, com conversores analógico-digital (ADC – *Analog-to-Digital Converter*) e comunicação USB (*Universal Serial Bus*), para aquisição e processamento digital dos sinais que serão enviados a um computador convencional que servirá para exibir os resultados.

Os conversores analógico-digital são dispositivos que realizam amostragem e quantização de valores de tensão convertendo em um valor binário (TOCCI e WIDMER, 2000). Dessa forma, é possível mensurar e digitalizar grandezas físicas, como forças, utilizando sensores e posteriormente utilizar os dados armazenados.

Este equipamento permitirá interpretar o alinhamento postural do paciente sentado e em pé, permitindo evoluir o tratamento de acordo com as necessidades de cada indivíduo. Como atualmente os equipamentos fazem um procedimento similar a este analisando somente pacientes em posição bípede, este projeto demonstra-se relevante no auxílio à reabilitação da marcha partindo do treinamento motor sentado à fase de marcha.

1.3. JUSTIFICATIVAS TÉCNICAS

Observa-se que muitos dos trabalhos dedicados ao auxílio de portadores de restrições motoras concentram-se na acessibilidade, com pouco foco na correção do problema. O equipamento desenvolvido neste trabalho pretende atender às necessidades de profissionais que atuam na recuperação destes portadores de restrições motoras, contribuindo para a correção do problema.

Embora as pesquisas na área de *biofeedback* venham sendo amplamente desenvolvidas ao longo dos últimos anos, as tecnologias mais comuns utilizadas atualmente, para analisar respostas relacionadas à marcha, geralmente levam em consideração apenas a posição em pé dos pacientes, não avaliando as disfunções originadas no quadril e desalinhamento postural sentado. O monitoramento das respostas do quadril, desenvolvido neste trabalho, constitui uma potencial melhoria nas ferramentas de *biofeedback* para este fim.

1.4. OBJETIVOS

Desenvolver um equipamento para reabilitação da marcha de pessoas com disfunções no quadril (pacientes hemiparéticos). Para isso, serão realizados o projeto e implementação do *hardware* de aquisição dos sinais, do *firmware* de tratamento e processamento dos sinais gerados pelos sensores, e do *software* para apresentação de forma gráfica dos esforços.

2. PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS

Neste capítulo serão abordadas e analisadas as características dos dispositivos e materiais que compõem os sensores de força e o kit de desenvolvimento microcontrolado utilizados no desenvolvimento do projeto.

2.1. SENSOR DE FORÇA

Primordialmente, os sensores de força são transdutores, dispositivos que transformam grandezas físicas de força em grandezas elétricas, distinguindo-se pela estrutura, construção, forma de mensurar os esforços e tipo de grandeza elétrica resultante. Os principais sensores implementados em sistemas de aquisição de força são resistivos, capacitivos e piezoelétricos.

Existem diversos modelos de sensores de força disponíveis no mercado, sendo sua utilização recomendada de acordo com a aplicação. Células de carga podem ser implementadas para medidas de força e massa em balanças para mensurar capacidades de carga e orientações de esforços diversos.

A construção das células de carga utiliza *Strain Gauges* que são dispositivos piezoresistivos que variam a resistência quando sujeitos a uma força. Como os *Strain Gauges* apresentam limitações de deformação e capacidade, geralmente são acondicionados em invólucros que podem ser metálicos, sofrendo apenas uma fração do esforço efetivamente realizado sobre a célula de carga, podendo assim mensurar cargas de diversas grandezas.

Outros sensores piezoresistivos de força que apresentam custos de aquisição inferiores às células de carga, mantendo características de linearidade da resposta, podem ser implementados para mensurar força e pressão conforme o sensor ilustrado na figura 1.

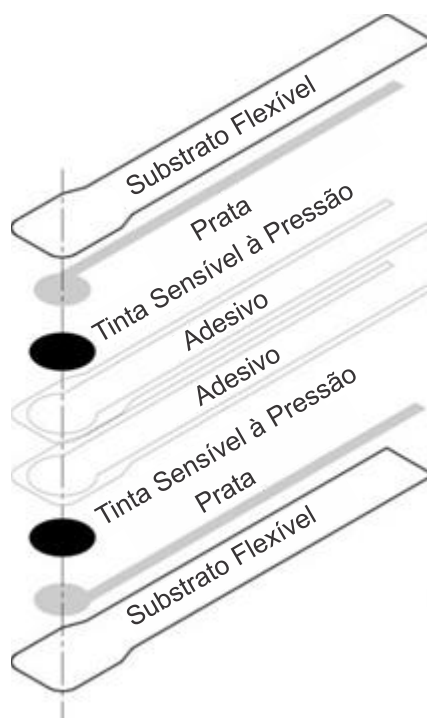


Figura 1 – Propriedades da construção do sensor piezoresistivo.
 Fonte: Adaptado de FLEXIFORCE, Standard Force & Load Sensors Model A201.

A construção deste sensor é feita utilizando um material sensível à pressão, variando sua resistência e condutância de acordo com a força exercida sobre toda a área sensível, conforme ilustrado no gráfico da figura 2.

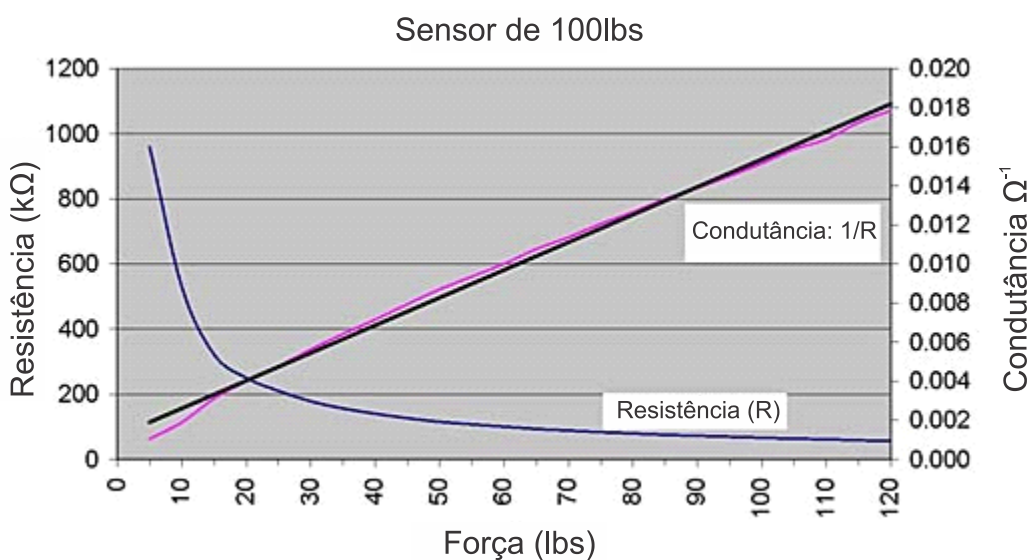
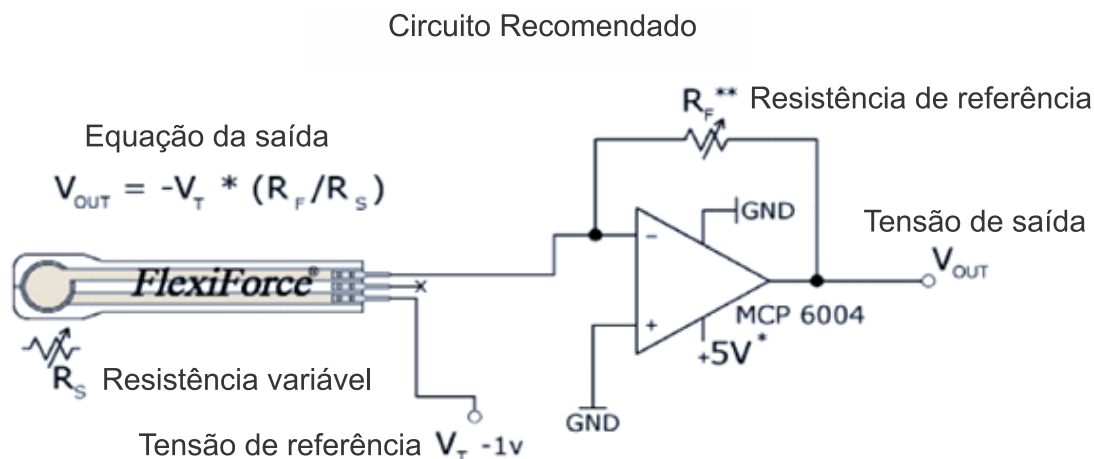


Figura 2 - Variação da resistência e condutividade de acordo com a força.
 Fonte: Adaptado de FLEXIFORCE, Standard Force & Load Sensors Model A201.

Esta curva de resposta do sensor permite levantar a estimativa da tensão de saída a partir do circuito recomendado pelo fabricante, ilustrado pela figura 3, que emprega um amplificador inversor.



- * Tensões de referência precisam ser constantes
- ** Manter resistência de referência R_F entre 1k Ω e 100k Ω
- Resistência do sensor R_S sem carga é >5M Ω
- Máxima corrente recomendada é 2.5mA

Figura 3 - Circuito de condicionamento do sinal recomendado.

Fonte: Adaptado de FLEXIFORCE, Standard Force & Load Sensors Model A201.

A equação 1 (MILLMAN, HALKIAS, 1981) para este circuito recomendado pelo fabricante permite arbitrar valores para a resistência de realimentação ou *feedback* (R_F) e tensão de referência (V_T) na equação 1 para calcular a tensão de saída do circuito (V_{OUT}).

$$V_{OUT} \cong -V_T * \left(\frac{R_F}{R_S} \right) \quad (1)$$

Com isso, é possível levantar o gráfico da resposta da saída do circuito amplificador recomendado solucionando a equação 1 para diversos valores da resistência do sensor de força (R_S). Considerando os dados da figura 3, na qual R_F corresponde a 1k Ω e V_T a -1V, o gráfico da tensão de saída do circuito amplificador recomendado está ilustrado no gráfico da figura 4.

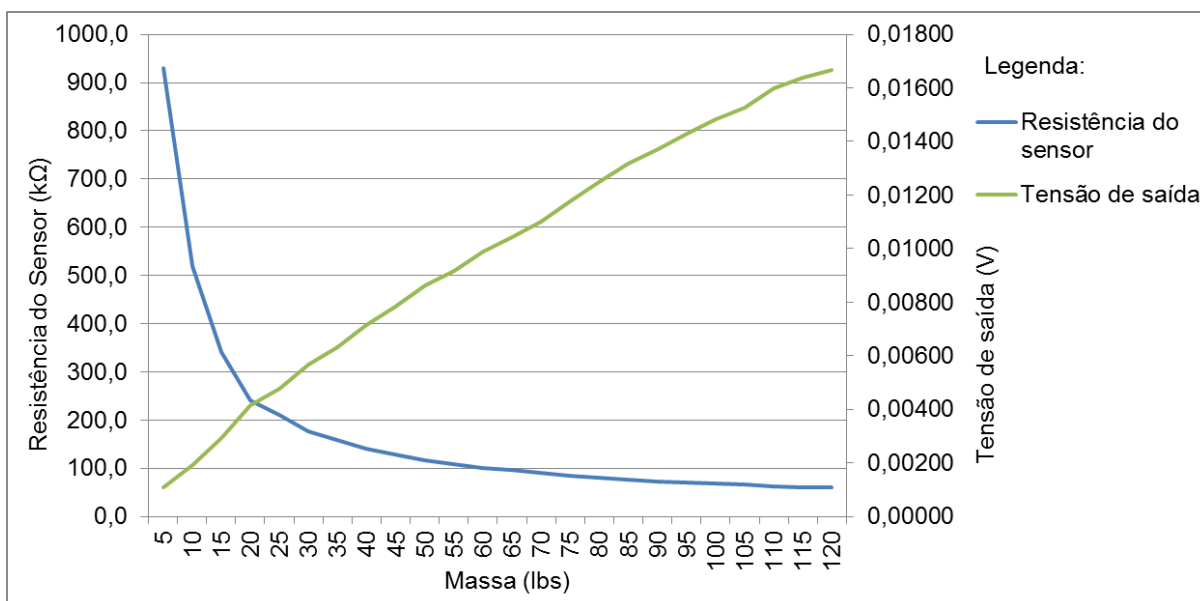


Figura 4 - Curva da Tensão de saída x Resistência.

Fonte: Autoria própria.

Portanto, pode-se afirmar que a curva da tensão de saída do circuito amplificador recomendado pelo fabricante é aproximadamente linear (adequada para a aplicação deste trabalho) com relação à variação da força exercida sobre o sensor.

Segundo Malvino (1986), esta configuração de circuito apresenta entrada de alta impedância e uma saída de baixa impedância, apresentando ganho máximo na saída para baixas frequências. Sendo assim, este circuito apresenta-se adequado à aplicação pretendida, devido a aplicação em baixa frequência.

Dessa forma, este sensor foi escolhido para integrar a etapa de aquisição dos esforços nas plataformas, porém utiliza-se $10\text{k}\Omega$ em R_F e -5V na tensão de referência V_T .

Os detalhes da construção e resposta do circuito para os valores de R_F e V_T utilizados no projeto estão apresentados no capítulo de desenvolvimento deste trabalho.

2.2. KIT MICROCONTROLADO

Os kits de desenvolvimento microcontrolado são aplicados geralmente para acelerar a realização de projetos de sistemas embarcados. Estes kits são plataformas que facilitam o início do desenvolvimento de projetos disponibilizando interfaces para os recursos do microcontrolador e para a gravação/*debug* do código de programação via um computador.

Os principais recursos presentes em plataformas de desenvolvimento são ADC, comunicação serial via UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), *timers*, portas de entrada e saída digital e analógica, entre outros.

O kit escolhido para o desenvolvimento do projeto foi o Stellaris® LM4F120 LaunchPad Evaluation Kit da Texas Instruments ilustrado na figura 5.

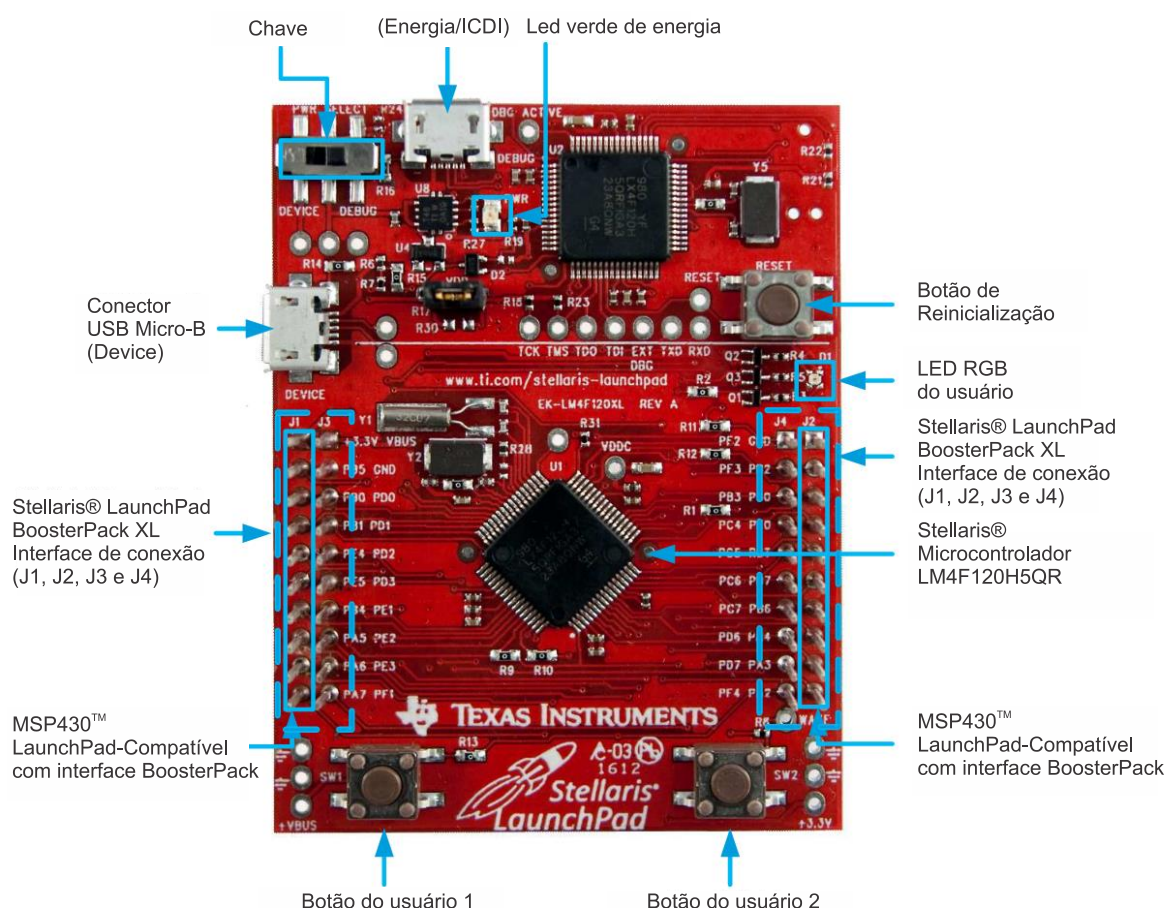


Figura 5 - Kit de desenvolvimento microcontrolado.

Fonte: Adaptado de Texas Instruments - Stellaris® LM4F120 LaunchPad Evaluation Kit.

Esta plataforma conta com um ARM® Cortex™-M4 de 32 bits e 80MHz, 256KB de memória *Flash*, diversos periféricos e interface de emulação serial para USB.

Por se tratar de um kit de baixo custo de aquisição, fácil programação e alto desempenho, optou-se por utilizá-lo no desenvolvimento do projeto, aproveitando os recursos de aquisição simultânea de 8 canais do ADC e a interface serial USB para enviar os dados processados a um computador.

Como este microcontrolador conta com dois ADC de 12 bits, cada um com vários canais de aquisição simultânea, neste trabalho utilizam-se 8 canais do ADC0. Devido a tensão de alimentação ser 3,3V, seu fundo de escala é 4095 para este valor de tensão de entrada e a sensibilidade é de 805uV/ degrau. Os valores máximo e mínimo de tensão permitidas na entrada do ADC são de 3,3V e 0V, respectivamente.

A comunicação serial feita com pelo computador via USB é realizada por meio dos *drivers* ICDI (*Integrated In-Circuit Debug Interface*), responsáveis pela interface de comunicação entre microcontrolador e computador. A partir disso pode-se escrever o programa do usuário na memória *Flash* do microcontrolador e executá-los passo a passo.

Ainda, esta interface de emulação da UART com a porta USB permite ao programador criar uma aplicação de comunicação de dados entre o microcontrolador e o computador, enviando caracteres ASCII. Esta comunicação pode ser configurada com taxa de transferência de dados de até 115200bps.

A comunicação de dados realizada entre o microcontrolador e o computador deve enviar bits com informações a respeito das leituras dos canais do ADC.

Os detalhes da programação estão apresentados no capítulo de desenvolvimento deste trabalho e o código do *firmware* no Apêndice B.

3. DESENVOLVIMENTO

Os procedimentos adotados para o desenvolvimento foram: elaborar a estrutura mecânica do projeto; especificar e adquirir os materiais e componentes necessários; projetar e confeccionar o *hardware* de aquisição dos sinais a serem analisados; elaborar um *firmware* de interpretação dos valores mensurados; e desenvolver um *software* para apresentar os resultados graficamente. Neste capítulo são apresentados os detalhes do desenvolvimento técnico do trabalho.

3.1. DIAGRAMA DO PROJETO

Na figura 6, o diagrama de blocos ilustra os principais módulos que compõem a o projeto técnico do trabalho.

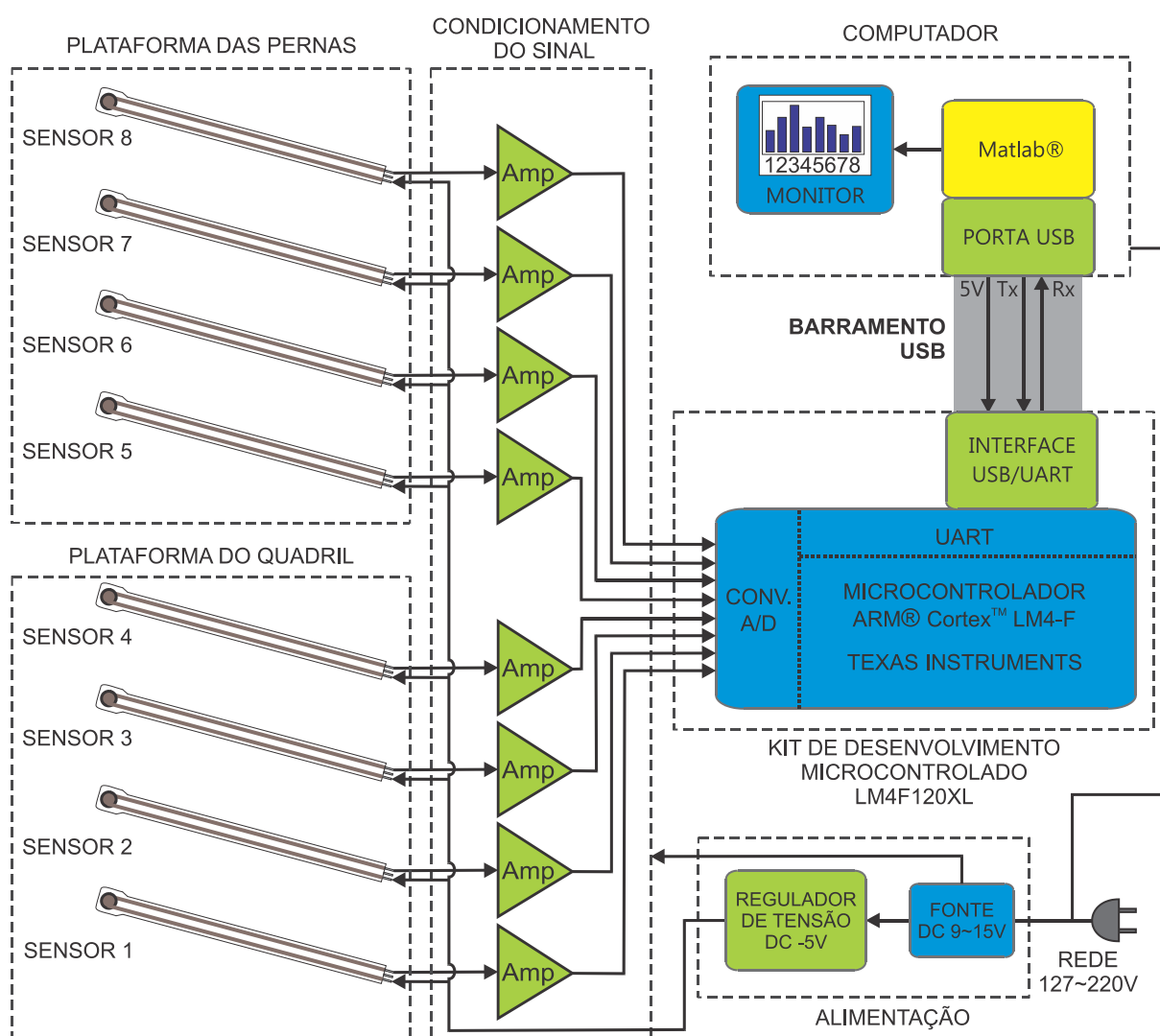


Figura 6 - Diagrama em blocos do sistema.
Fonte: Autoria própria.

Este diagrama em blocos é a representação da estrutura técnica do projeto. Sua composição divide-se em: projeto mecânico e de sensoriamento associado às plataformas; módulo de amplificação e condicionamento do sinal; módulo de alimentação de energia; estrutura microcontrolada com ADC e interface UART/USB; comunicação e alimentação via USB; e computador com aplicativo Matlab® e monitor para apresentação dos resultados.

Sendo assim, cada plataforma é composta por 4 sensores. O sensoriamento requer alimentação contínua e estável, no caso utilizou-se -5V como tensão de referência.

O módulo de condicionamento do sinal conta com 8 amp. op. independentes entre si conectados respectivamente à um sensor de força específico. A alimentação dos amp. op. utiliza uma fonte de corrente contínua (DC) que preferencialmente não deve ser inferior a 5V e obrigatoriamente não superior ao limite informado no *datasheet* do amplificador escolhido.

Os amplificadores são responsáveis pelo condicionamento do sinal para ser mensurado pelo microcontrolador. Sendo assim, a tensão de saída dos amp. op. deve estar entre 0 e 3,3V.

Os sinais recebidos pelo ADC do microcontrolador são adquiridos independentemente em uma escala de 0 a 4095. Onde 0 corresponde a 0V e 4095 a 3,3V. Esses dados digitais são enviados sequencialmente via barramento USB ao computador sempre que houver requerimento de envio. A alimentação do kit microcontrolado e, respectivamente do microcontrolador, também ocorre por meio do barramento USB.

O computador, por meio da porta USB, estabelece conectividade para o aplicativo Matlab® que envia requerimentos e recebe os dados digitalizados pelo microcontrolador de forma sequencial. Os dados são normalizados e apresentados independentemente no monitor com um gráfico de barras.

3.2. SENSORIAMENTO

A figura 7 ilustra o sensor de força resistivo (FSR), modelo A201 da FlexiForce®, escolhido para compor o projeto de sensoriamento das plataformas. Sua especificação permite mensurar massas de até 1000lbs (453,59kg), utilizando circuito adequado.



Figura 7 – Sensor de força resistivo.

Fonte: Adaptado de FLEXIFORCE, Standard Force & Load Sensors Model A201.

Este FSR reduz sua resistência em função do aumento da força aplicada à sua área sensível. Dessa forma, a partir de experimentação foi levantada a curva da variação da resistência com o esforço realizado. Foram realizadas 3 medidas para cada valor de massa lido pela balança, repetindo-se o procedimento para todos os 8 sensores e retirando as médias dos valores obtidos.

Sendo assim, estima-se que cada sensor precise mensurar massas de até 100kg, portanto, para realizar o experimento aplicou-se massas de 5kg a 120kg.

O experimento é realizado com um sistema de alavanca, sendo o controle da intensidade de esforço realizado no sensor mensurado em forma de massa por uma balança convencional de banheiro, conforme ilustrado na figura 8.



Figura 8 – Experimentação da resposta do FSR.

Fonte: Autoria própria.

Este trabalho tem como objetivo comparar os esforços realizados entre os sensores. Para isso, é necessário levantar a curva de resposta do circuito

amplificador e verificar sua linearidade. Além disso, é necessário que o circuito amplificador, ao receber massas de até 100kg não ultrapasse tensões de saída de 3,3V.

A partir deste experimento foi possível determinar a curva da resposta do FSR, essencial para determinar a melhor tensão de referência (V_T) e resistência de realimentação (R_F) do circuito de amplificação nos cálculos da tensão de saída do amp. op. a partir da equação 1.

A curva de resposta da variação da resistência do sensor e da variação da tensão de saída do amp. op., com relação à massa aplicada, está ilustrada no gráfico da figura 9.

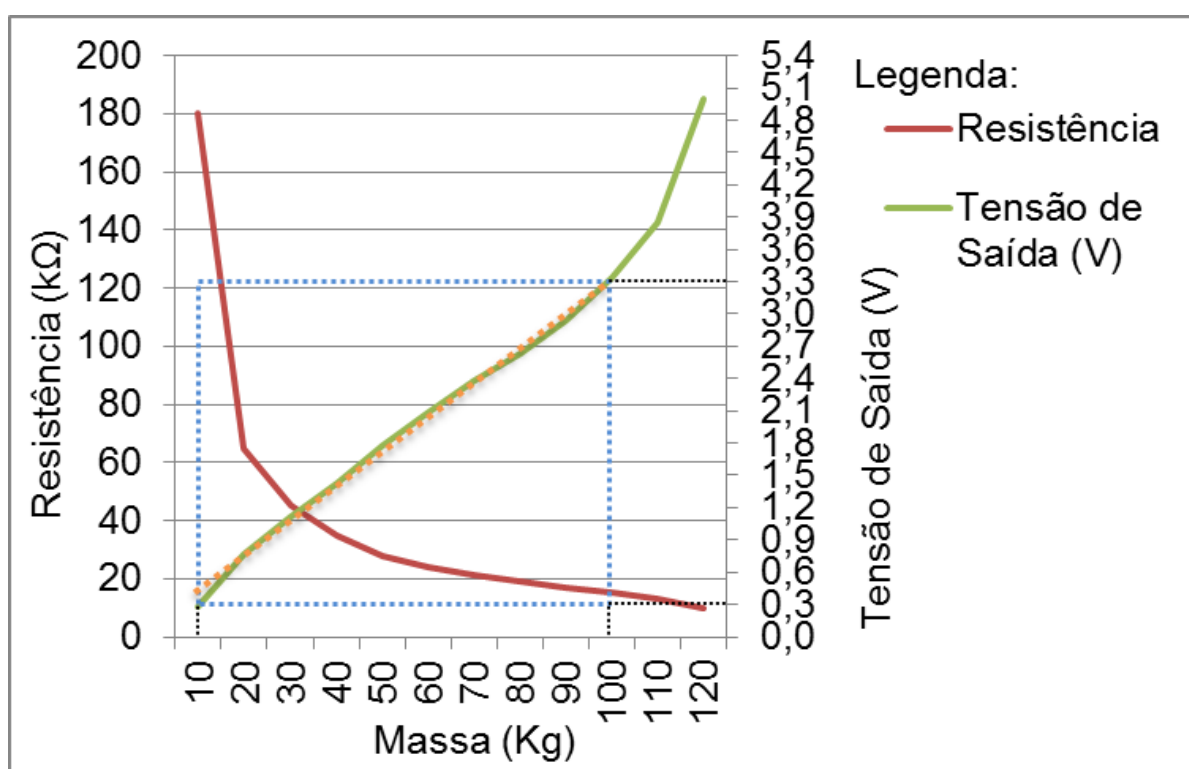


Figura 9 - Tensão de saída e resistência em função o esforço realizado.
Fonte: Autoria própria.

É possível observar que a faixa de interesse do gráfico está limitada pela área pontilhada em azul. Nela, os valores de massa são compreendidos entre 10kg e 100kg no eixo horizontal e a tensão de saída resultante, no eixo vertical direito, compreendem-se entre 0,3V e 3,3V. Os resultados ilustrados foram considerados a partir da resposta variável de R_S pela linha vermelha, sendo atribuído 10kΩ para R_F e -5V para V_T aplicados à equação 1.

Com os resultados obtidos, estima-se que a tensão de saída do circuito de amplificação, para a faixa de interesse, apresenta resposta praticamente linear, conforme ilustrado pela linha pontilhada laranja no gráfico da figura 10.

3.3. AQUISIÇÃO E AMPLIFICAÇÃO

Como a faixa do ADC apresenta 4096 níveis de quantização e sua tensão de trabalho varia de 0 a 3,3V, considerando a sensibilidade de 805uV/degrau é possível estimar o número de níveis mensuráveis a partir da saída do circuito de amplificação, variando de 0,3V a 3,3V.

$$n_{degraus} = \frac{3,3 - 0,3}{805\mu} \therefore n_{degraus} \cong 3727 \text{ degraus} \quad (2)$$

A partir do material de Altium (2008), elaborou-se o esquemático da placa de aquisição ilustrado pela figura 10.

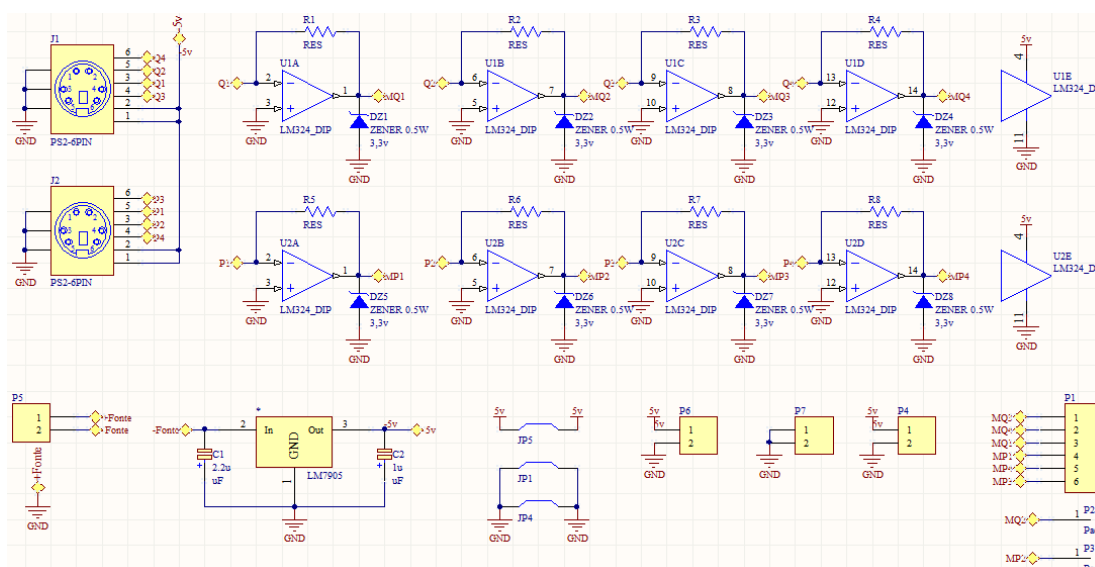


Figura 10 - Diagrama esquemático da placa de aquisição.
Fonte: Autoria própria.

Este circuito representa o módulo de aquisição e amplificação dos sinais dos sensores. Sua composição é feita por oito amplificadores operacionais LM324³,

³ STMICROELECTRONICS. DATASHEET - LOW POWER QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS. [S.I.]. 2001.

configurados como inversores, aproveitando o modelo recomendado pelo fabricante do FSR A201 utilizado. Um diodo zener é adicionado à saída de cada amp. op. para limitar a tensão em 3,3V, evitando que o ADC receba tensões superiores ao limite.

O regulador de tensão negativa utilizado, UA7905, com os capacitores de estabilização, serve para fornecer -5V como tensão de referência aplicados a todos os FSRs.

Os conectores PS2 foram escolhidos para conectar facilmente os FSRs à placa de aquisição utilizando cabos manga 6 vias com malha aterrada.

A conexão dos canais do ADC do kit microcontrolado aos amplificadores é realizada utilizando barra de pinos.

A partir disso foi possível rotear a placa de circuito impresso (PCB) conforme ilustrado pela figura 11.

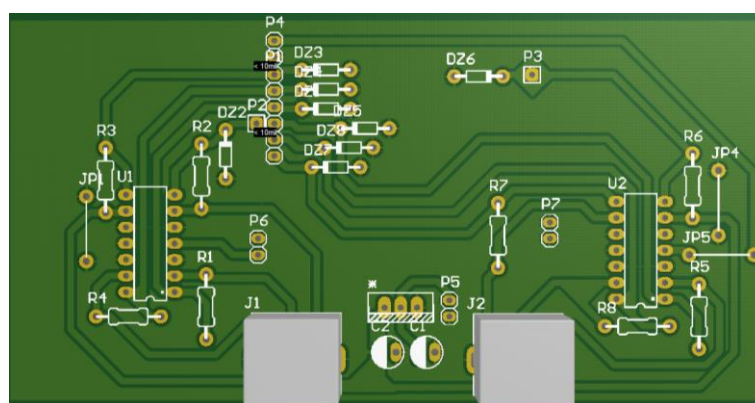


Figura 11 – Roteamento da PCB do módulo de aquisição.
Fonte: Autoria própria.

A PCB foi fabricada artesanalmente. O resultado pode ser observado na figura 12.

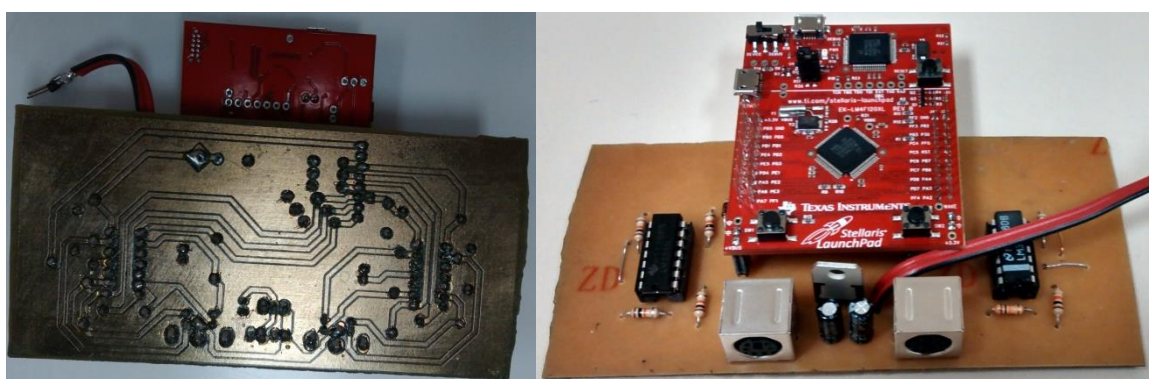


Figura 12 - Placa de circuito impresso do módulo de aquisição.
Fonte: Autoria própria.

A placa de aquisição foi acondicionada em uma caixa plástica. O procedimento da perfuração da caixa foi feito manualmente conforme demonstrado na figura 13.

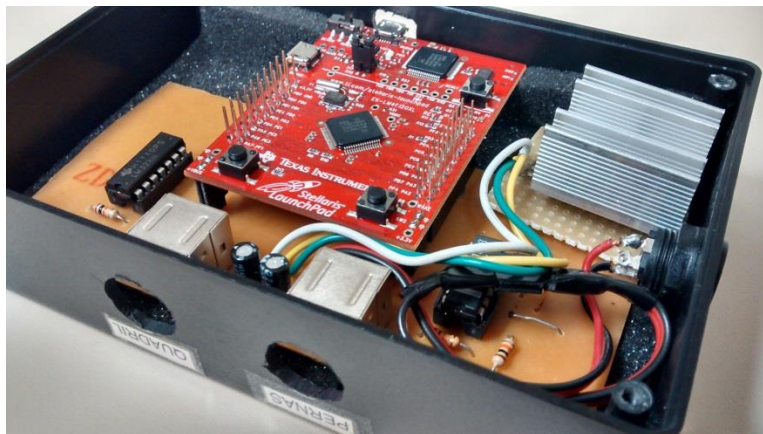


Figura 13 - Acondicionamento dos circuitos e componentes uma caixa plástica.
Fonte: Autoria própria.

Nota-se a utilização de um dissipador de calor conectado ao regulador de tensão para evitar superaquecimento.

3.4. ESTRUTURAÇÃO MECÂNICA

A estruturação mecânica do sistema é baseado no uso de chapa de poliestireno (PS) de 5mm X 2000mm X 1000mm. Este material plástico foi comprado de acordo com a disponibilidade dos fornecedores pesquisados em Curitiba, levando em conta sua relativa rigidez; facilidade de manuseio e transporte; e manipulação para cortes, furos, desbastes, entre outros.

Esta chapa foi cortada em 4 chapas de 500mmx300mm que foram desbastadas em todas as arestas e feito filete nas quinas. Duas chapas foram utilizadas na composição da plataforma para as pernas e as outras para a plataforma do quadril.

A disposição dos sensores nas plataformas está ilustrada na figura 14.

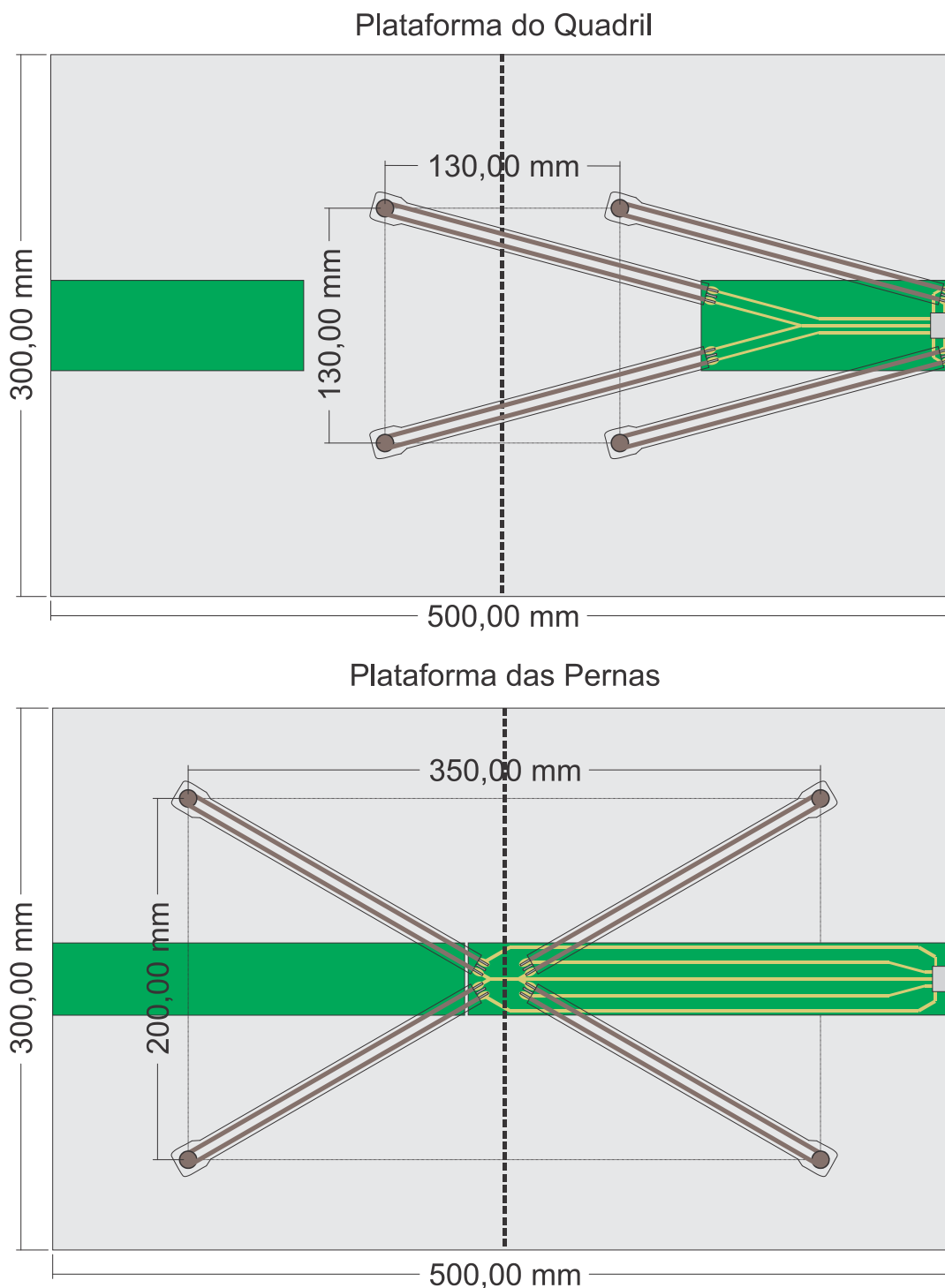


Figura 14 - Dimensionamento das plataformas.
Fonte: Autoria própria.

Cada plataforma foi projetada para mensurar esforços incidentes em regiões específicas de esforço do paciente. Sendo assim, na plataforma do quadril os sensores são nomeados como posterior direito e posterior esquerdo para inclinação do tronco na direção do cóccix, e anterior direito e anterior esquerdo para inclinação na direção femoral.

O quadril forma um anel ósteo-articular fechado, composto por três peças ósseas (os dois ossos ilíacos, pares e simétricos; o sacro, ímpar e simétrico, bloco vertebral constituído pela união de cinco vértebras sacrais) e três articulações (as duas articulações sacroilíacas que unem o sacro a cada um dos ossos ilíacos; e a sínfise púbica, que une ambos os ossos ilíacos pela frente), conforme ilustrado na figura 15 (KAPANDJI, 2000).

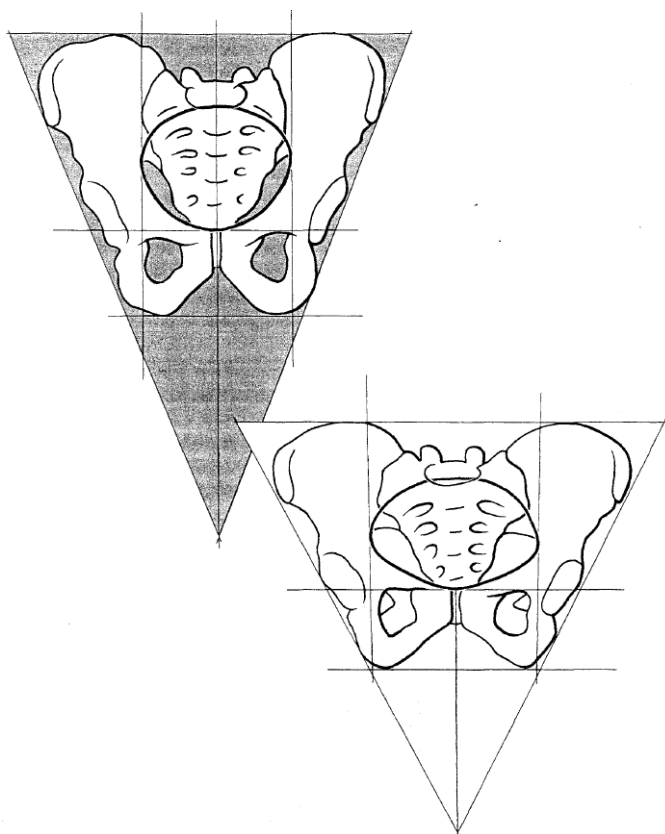


Figura 15 – Anel ósteo-articular fechado.
Fonte: adaptado de (KAPANDJI, 2000, vol 3, p. 57).

A cintura pélvica tem, em conjunto, a forma de um funil com uma grande base superior que conecta a cavidade abdominal com a pelve através da abertura superior. No caso da cintura pélvica, o dimorfismo sexual se aprecia nitidamente; de fato, quando se compara a pelve masculina com a feminina, se pode constatar como a feminina é muito mais larga e muito mais extensa: o triângulo em cujo interior se inscreve possui uma base mais ampla que o da pelve masculina. Por outra parte, ela também tem menos altura que a pelve masculina: a altura do trapézio inscrito é menor. Por último, proporcionalmente, a abertura superior (linha espessa contínua) é mais larga e mais aberta na mulher que no homem. (KAPANDJI, A. I., 2000, p. 56).

Sendo assim, é possível analisar que as porções de interesse do triângulo pélvico masculino e feminino apresentam diferenças fisiológicas, porém com menor incidência na região do túber isquiático.

Dessa forma, como a disposição dos sensores nas plataformas foi estipulada para adultos, conforme Sobotta (2000), considerando a fisiologia articular ilustrada na figura 16, o diâmetro tuberal está compreendido entre 11cm e 12cm. Realizando experimento com 3 voluntários, retirando-se o molde do afastamento do túber isquiático dos mesmo ao sentarem em placa de isopor 10mm, estipulou-se 130mm.

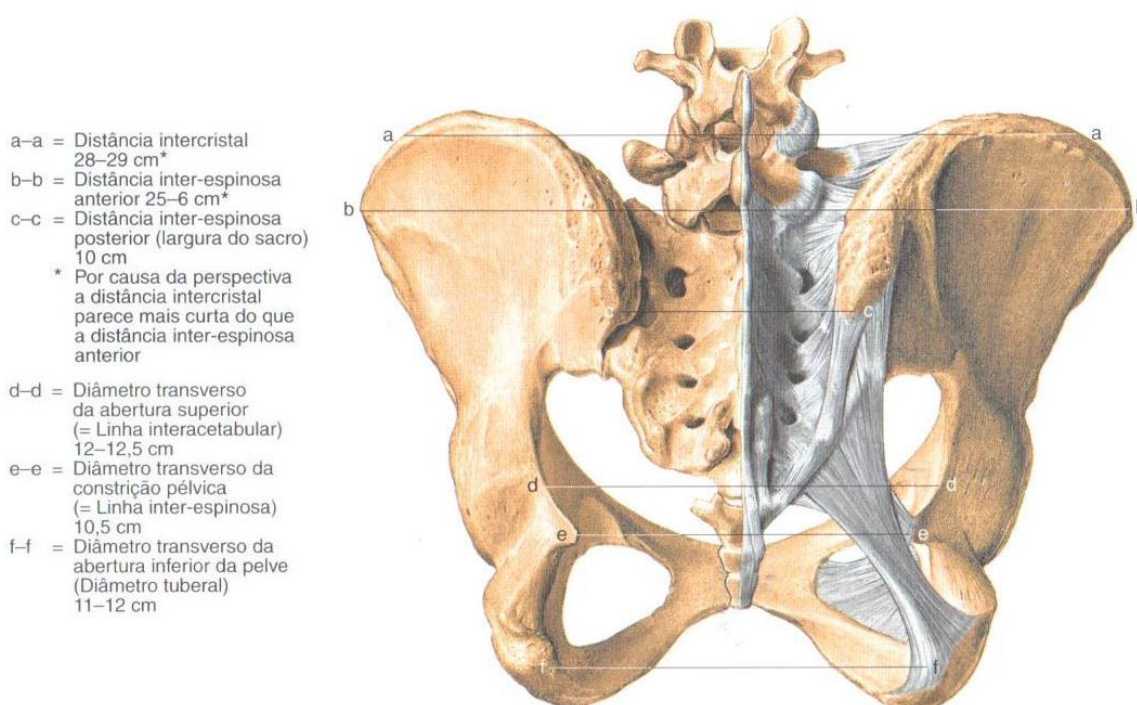


Figura 16 – Representação das medidas da pelve.
Fonte: adaptado de (SOBOTTA, 2000, p. 269).

Os sensores da plataforma das pernas são nomeados retropodal direito e retropodal esquerdo para esforços na porção dos calcanhares e anteropodal direito e anteropodal esquerdo para a região dos dedos.

A partir da medida ilustrada na figura 16 por Sobotta (2000), referente à distância intercristal variar entre 28cm e 29cm, pode-se atribuir este valor para o afastamento entre os pés, atribuindo esta medida entre espinhas ilíacas do quadril na extensão longitudinal do corpo.

A abertura da base de sustentação do corpo humano pode ser maior do que o afastamento das espinhas elíacas de acordo com a necessidade do paciente: o equilíbrio e estabilização da base, porte físico e a estatura. Para elaboração do trabalho, utilizou-se 350mm para este afastamento, possibilitando analisar esforços para posições com maior ângulo de abertura das pernas e, conseqüentemente, diferentes treinos motores.

Para o afastamento dos sensores anteropodal e retropodal de cada pé, foi considerado o afastamento de 200mm, devido a variação de tamanho para pés com numeração entre 34 e 43 ser de 227mm a 287mm, mantendo o sensoriamento baseado no triângulo de Kapandji (KAPANDJI, 2000), no ponto C (tuberosidades posteriores do calcâneo) e na região medial do arco anterior: entre os pontos A (abaixo no cabeça do primeiro osso do metatarso) e B (à cabeça do quinto osso do metatarso) conforme ilustrado na figura 17.

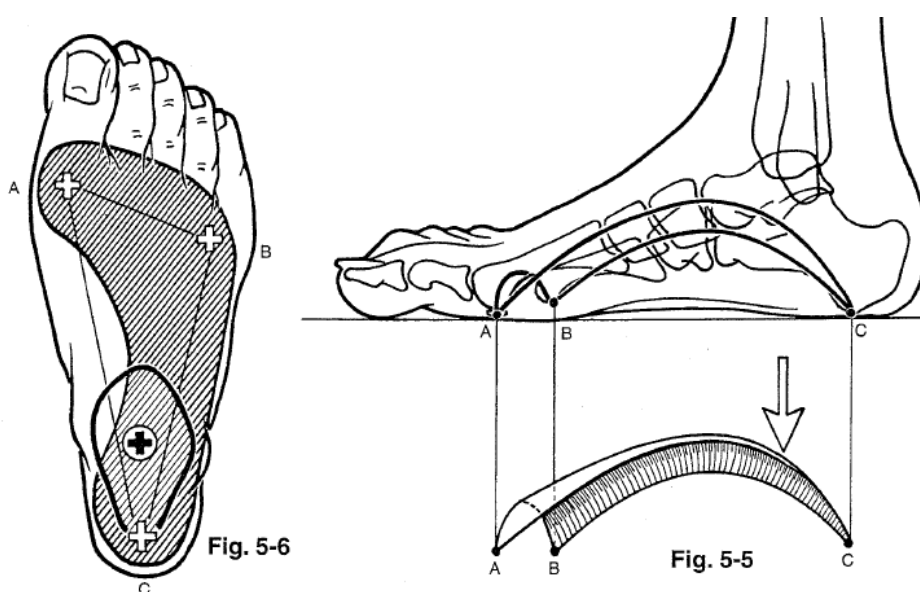


Figura 17 – Triângulo de Kapandji.

Fonte: Adaptado de (KAPANDJI, 2000, vol 2, p. 229).

A figura 18 ilustra o posicionamento dos sensores e das placas de circuito impresso nas plataformas.

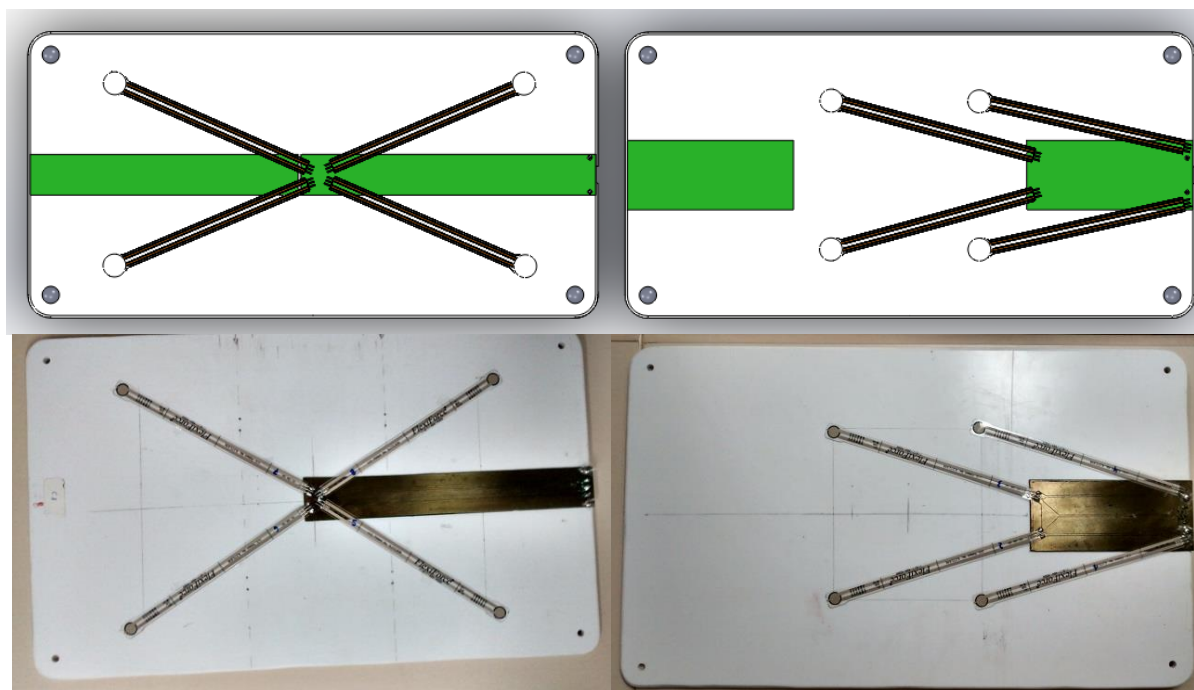


Figura 18 - Disposição dos sensores e placas de fixação.
Fonte: Autoria própria.

A fixação mecânica dos sensores foi realizada por PCB, aproveitando a rigidez das mesmas para manter o posicionamento desejado aos FSRs. Sendo assim, as placas foram projetadas para posicionar os sensores e ao mesmo tempo proporcionar ligação deles ao conector PS2 de saída das plataformas.

O projeto inicial considerou que todo o esforço realizado sobre cada plataforma seria transferido diretamente apenas aos 4 sensores da mesma. Porém, na simulação está ilustrada a utilização de duas PCBs por plataforma. Esta implementação surgiu após a construção do protótipo, em testes para massas de mais de 40kg por plataforma, devido à necessidade de equilibrar a quantidade de esforço realizado pelo paciente sobre os sensores. Isto se deve à grande deformação causada às chapas de PS ao utilizar o sistema, que não havia sido considerado inicialmente.

Portanto, na extremidade esquerda das plataformas é possível observar a existência de uma PCB cuja única função é proporcionar simetria mecânica no momento em que é realizado esforço sobre o equipamento, visto que a porção superior da plataforma entra em contato com a inferior, reduzindo o esforço realizado efetivamente sobre os sensores e conseqüentemente ambos os hemisférios precisam estar equilibrados.

O esquemático e o roteamento elaborado para as PCBs de fixação e conexão dos sensores estão ilustradas pela figura 19.

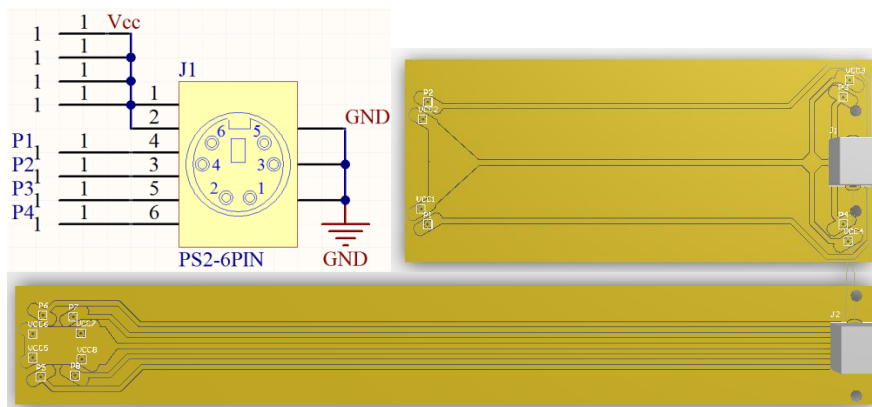


Figura 19 - Modelos virtuais das placas de circuito impresso das plataformas.
Fonte: Autoria própria.

A figura 20 ilustra a vista interna da distribuição e estrutura de aquisição dos sensores pelas PCBs e a forma posicionamento dos pés nas plataformas.

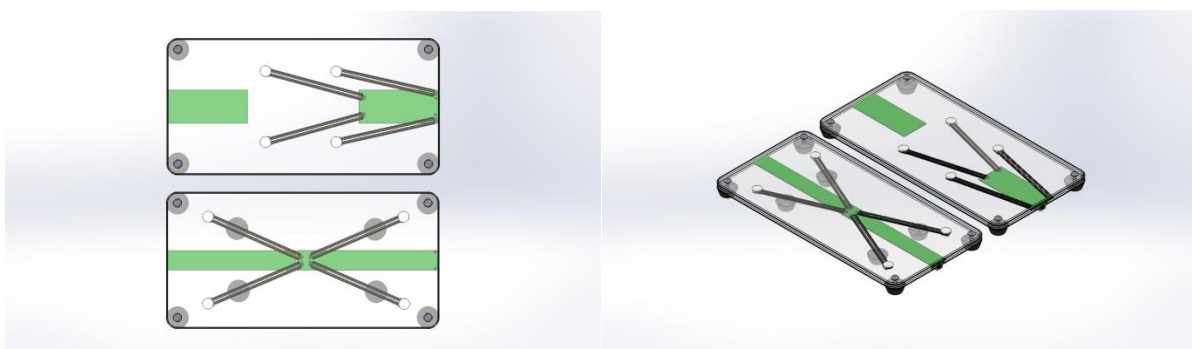


Figura 20 - Simulação da construção das plataformas.
Fonte: Autoria própria.

Utilizou-se como matéria prima na confecção das plataformas o material plástico de Poliestireno (PS). A estrutura de cada plataforma é formada por um sanduíche de placas de PS com os sensores no meio, apoiados por suportes feitos do mesmo material e espessura conforme ilustrado na figura 21.

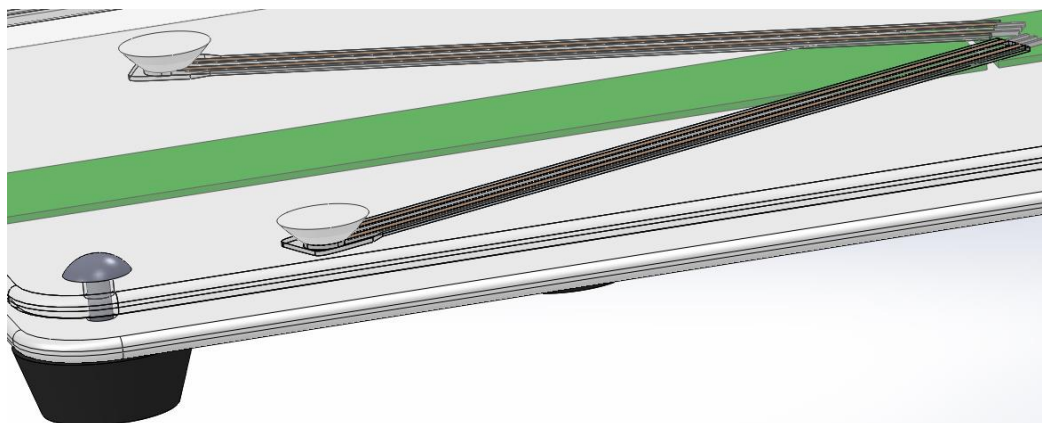


Figura 21 - Construção dos sensores apoiados entre as chapas de PS.
Fonte: Autoria própria.

A chapa de 5mm utilizada foi cortada, desbastada e perfurada de forma manual, sem usinagem, da mesma forma que a confecção dos apoios dos sensores para fazerem contato com a plataforma superior. Porém, em um processo industrial, seria possível utilizar uma fresa automatizada, já que os modelos SolidWorks® estão disponíveis.

A figura 21 ilustra a fixação do conector da plataforma à PCB e sua proteção mecânica com os pés de borracha.

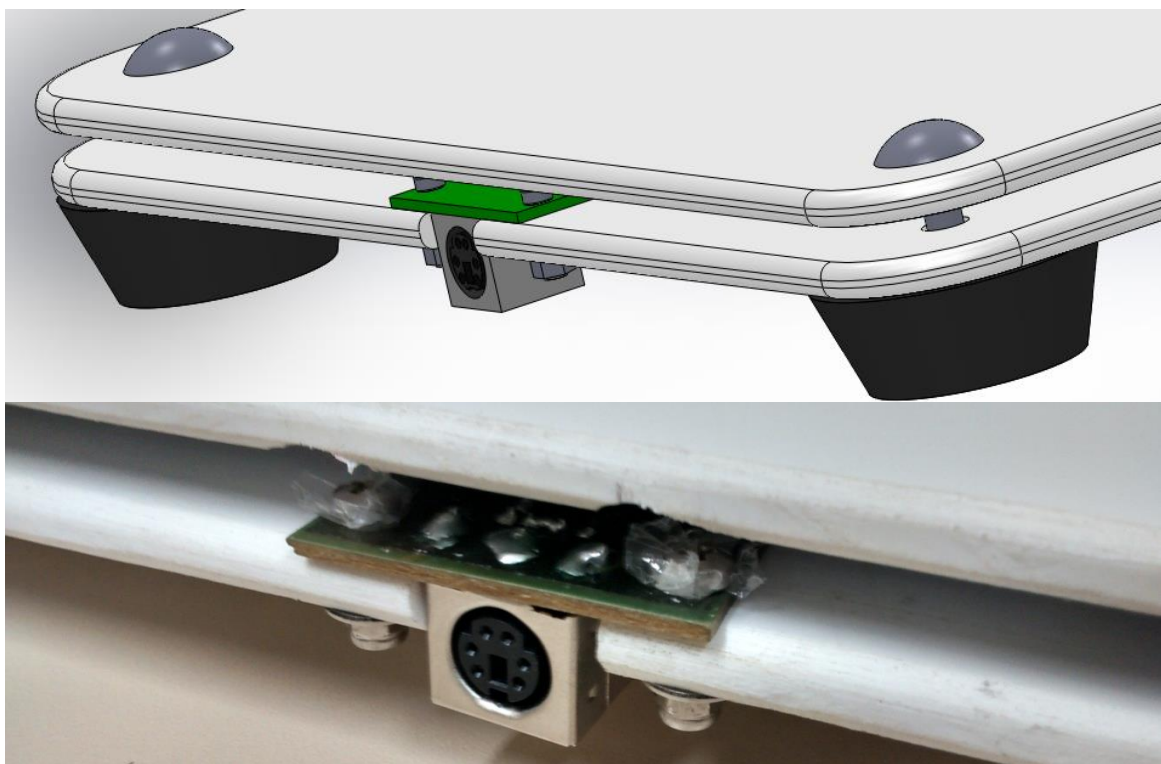


Figura 22 - Fixação da PCB de conexão das plataformas e pés de borracha.
Fonte: Autoria própria.

Sendo assim, a PCB é fixada utilizando parafusos e o conector transpassa para a parte inferior da placa juntamente com os pés de borracha, conferindo melhor acabamento, interferindo menos na utilização, facilitando a conexão com a placa de interface e ficando protegido de choques mecânicos.

Devido ao fato da plataforma dos pés suportar grandes cargas (todo o peso do corpo), surgiu a necessidade de ampliar a quantidade de pés de apoio emborrachados abaixo da mesma para reduzir a deformação das plataformas.

Porém, isso não é preciso ser feito para a plataforma do quadril, pois seu uso deve ser realizado em uma superfície plana rígida, deixando em contato ao máximo a superfície da chapa inferior da plataforma, apoiando-a pela porção interna aos pés. A distribuição dos pés de borracha está ilustrada pela figura 23.

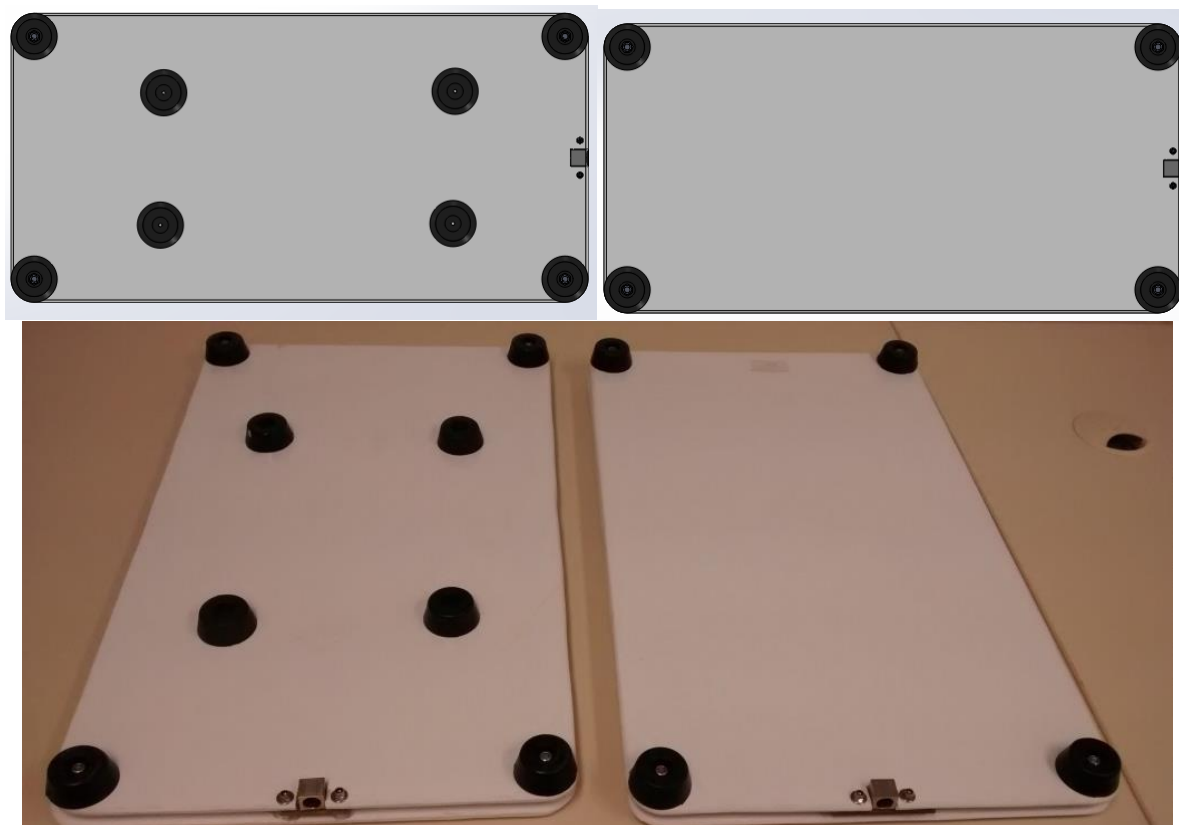


Figura 23 - Disposição dos pés emborrachados das plataformas.
Fonte: Autoria própria.

3.5. PROGRAMAÇÃO

O desenvolvimento da programação foi dividido entre a programação do *firmware*, em linguagem C, para o microcontrolador e do *software*, em Matlab®, para o aplicativo executável no computador.

3.5.1. Firmware

O *firmware* desenvolvido e compilado ⁴no microcontrolador é responsável pela configuração dos periféricos do mesmo, leitura dos canais do ADC e comunicação serial pela USB. A figura 24 ilustra o fluxograma com a sequência dos passos seguidos pelo código programado.

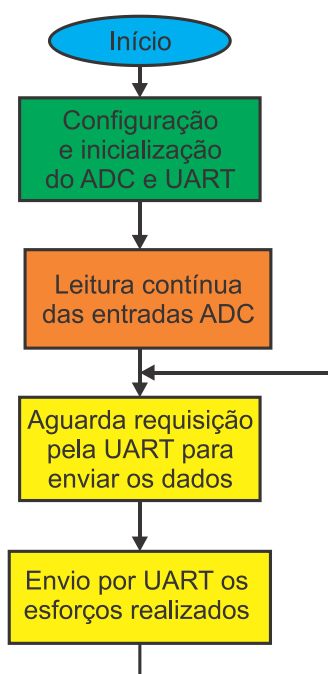


Figura 24 - Fluxograma do firmware.
Fonte: Autoria própria.

Pode-se observar que inicialmente ocorre a configuração e a inicialização do sistema com 16MHz de *clock*, ADC0 de 12 bits, utilizando 8 canais, e da UART, com transferência de dados à 115200bps, 8 bits de dados, sem paridade e 1 *stop bit*. Posteriormente o ADC é ativado para fazer aquisições periódicas a 250ksp/s, sendo que os valores das leituras compreendem números entre 0 e 4095. A UART ativada aguarda um requerimento de dados para então enviar os dados atualizados de

⁴ TEXAS INSTRUMENTS. Code Composer Studio. Code Composer Studio. Disponível em: <<http://www.ti.com/tool/ccstudio>>. Acesso em: 7 dez 2013.

forma sequencial ao computador, retornando a aguardar o próximo requerimento para enviar uma nova sequência de dados. Os detalhes do código fonte comentado do *firmware* estão apresentados no apêndice B.

3.5.2. Software

O *software* elaborado em Matlab® é constituído pelo desenvolvimento de um aplicativo executável. A escolha desta ferramenta para programação no desenvolvimento foi devida a facilidade de implementar ferramentas, biblioteca gráfica e análise dos resultados, possibilitando a reprodução do sistema e aprimoramento em pesquisas futuras na área.

A figura 25 ilustra o fluxograma com a sequência dos passos seguidos pelo código programado.

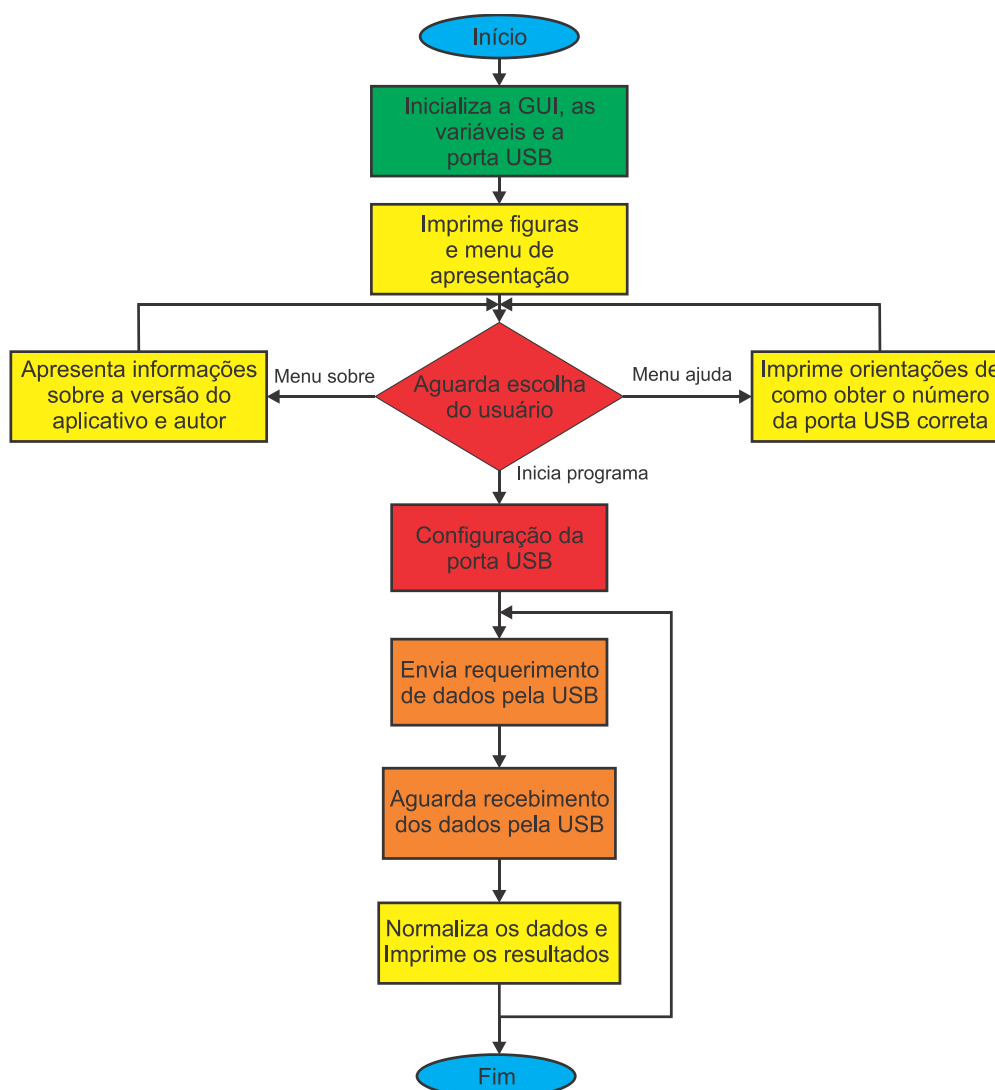


Figura 25 - Fluxograma do projeto do software.
Fonte: Autoria própria.

O código foi elaborado utilizando a biblioteca gráfica do Matlab®, Graphical User Interface (GUI) que é primeiramente iniciada juntamente às variáveis e ao menu inicial. Aguarda-se então a escolha do usuário para visualizar o menu “ajuda” (com informações a respeito da configuração do número da porta USB), “sobre” (com informações a respeito de autoria e versão do aplicativo) ou iniciar o programa. Para iniciar o programa é necessário configurar qual a porta USB que o dispositivo está conectado.

Posteriormente o aplicativo envia e recebe os dados, a respeito dos esforços realizados nos sensores, via porta USB. Os dados são normalizados em uma escala de 0 a 100 e então apresentados na tela do monitor.

A apresentação dos dados é dividida em 8 barras independentes, responsáveis por representar um sensor de aquisição cada na ordem: “posterior direito”, “posterior esquerdo”, “anterior esquerdo”, “anterior direito”, “retropodal direito”, “retropodal esquerdo”, “anteropodal direito”, “anteropodal esquerdo”.

O software para interface com o usuário disponibiliza uma interface gráfica com informações a respeito da configuração da conexão USB com do equipamento e dos esforços realizados sobre os sensores, conforme ilustrado pela figura 26.

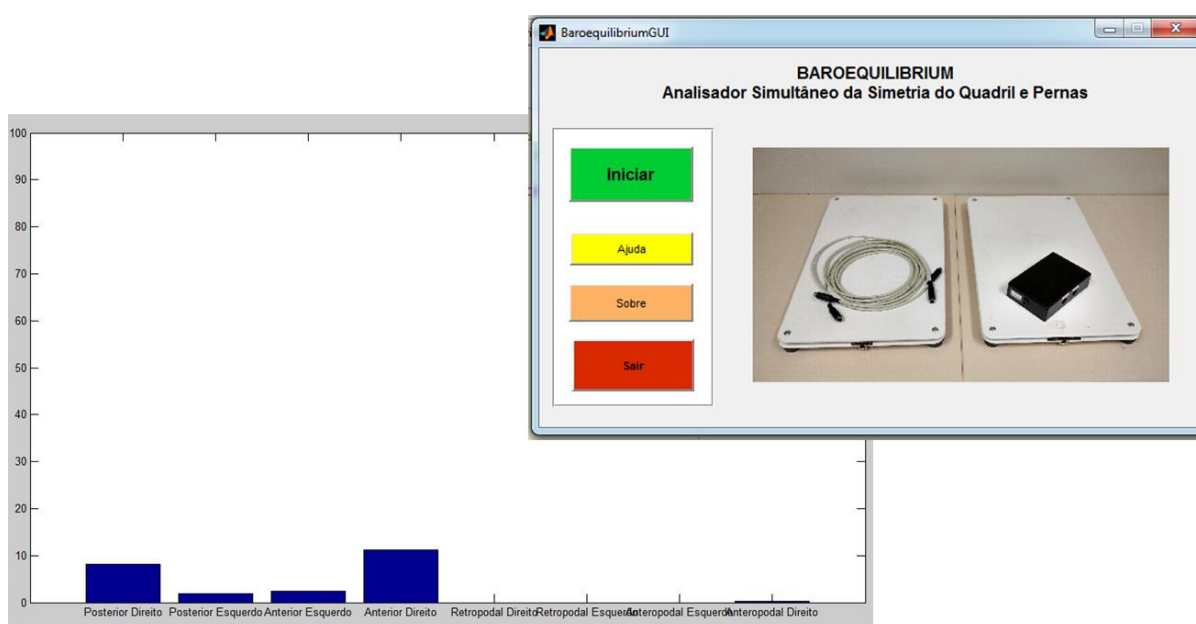


Figura 26 - Interface gráfica desenvolvida.
Fonte: Autoria própria.

Para que o produto seja aplicável a qualquer computador portátil, foi exportado o programa Matlab® como executável, podendo ser utilizado como um programa convencional.

Os detalhes do código fonte comentado do *software* estão apresentados no apêndice C.

3.6. ENSAIOS

Os ensaios realizados utilizaram o mesmo equipamento de alavanca para mensurar as amplitudes resultantes, a estabilidade das leituras e verificar a calibração do dispositivo. Todos os testes foram realizados com uma chapa de aço 2mm para distribuir o esforço realizado sobre uma área específica. As regiões que foram aplicados tais esforços foram respectivamente relacionadas à: inclinação de tronco à direita e à esquerda; inclinação de tronco na porção posterior e anterior; incidência de esforço no pé direito e no pé esquerdo; e incidência de esforço na porção retropodal e anteropodal.

Sendo assim, realizaram-se os ensaios das plataformas do quadril e das pernas aplicando massas de 30kg a 50kg nas porções médias entre os sensores, reproduzindo esforços relacionados às inclinações de tronco para o quadril e pés.

A figura 27 ilustra esforços realizados como uma inclinação de tronco à direita e à esquerda, respectivamente.

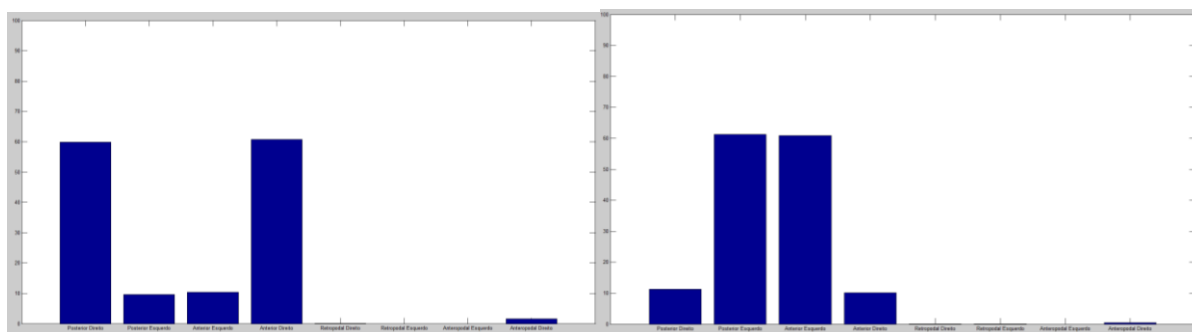


Figura 27 – Ensaio de esforço com inclinação à direita e à esquerda.
Fonte: Autoria própria.

A figura 28 ilustra esforços realizados na porção posterior e anterior de tronco, respectivamente.

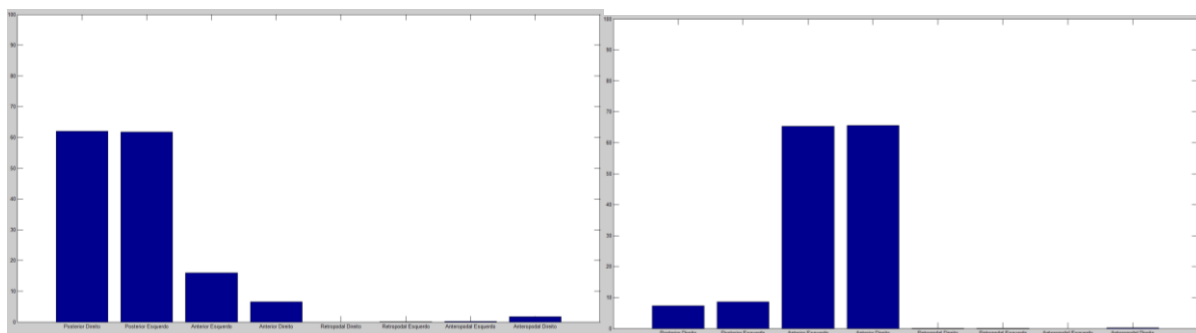


Figura 28 – Ensaio de esforço com inclinação de tronco à porção posterior e anterior.
Fonte: Autoria própria.

A figura 29 ilustra esforços realizados no pé direito e no pé esquerdo, respectivamente.

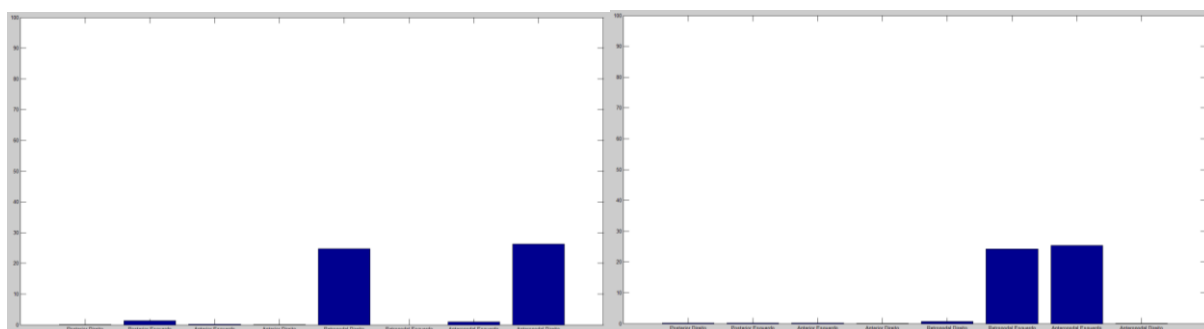


Figura 29 – Ensaio com incidência do esforço no pé direito e pé esquerdo.
Fonte: Autoria própria.

A figura 30 ilustra esforços realizados na porção retropodal e anteropodal, respectivamente.

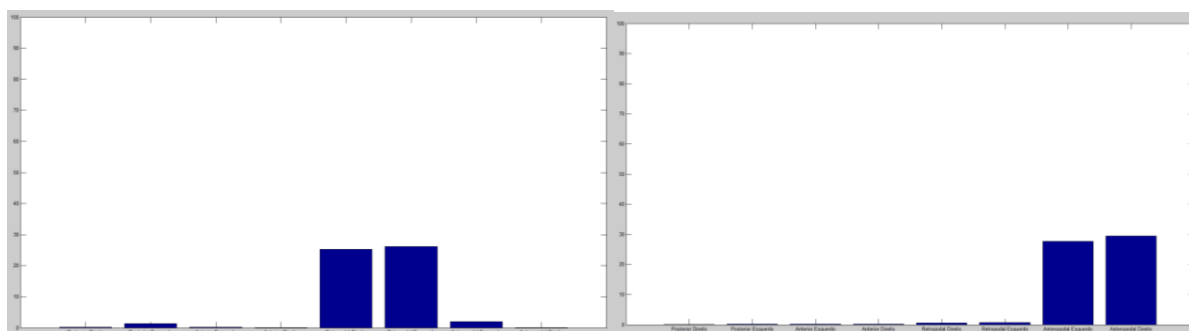


Figura 30 – Ensaio de esforço com incidência retropodal e anteropodal.
Fonte: Autoria própria.

Os resultados obtidos pelos experimentos indicaram problemas para a calibração das plataformas, devido à deformação das chapas de PS e consequentemente dos apoios relacionados aos sensores.

A aplicação de esforços se apresentaram coerentes com o esperado, demonstrando-se estável com relação aos resultados apresentados.

As amplitudes mensuradas pelos sensores é um ponto questionável com relação ao projeto elaborado. As respostas dos gráficos ilustrados nas figuras não deveriam ultrapassar valores normalizados de 50, visto que o circuito amplificador resultaria em uma saída de tensão de aproximadamente 1,65V, ou 2048 na leitura do ADC, e o fundo de escala deveria ocorrer aproximadamente para 100kg por sensor.

Posteriormente, realizou-se testes com aplicação pessoal do sistema, conforme ilustrado pela figura 31.



Figura 31 - Resposta do sistema de acordo com os esforços realizados.
Fonte: Autoria própria.

Pode-se observar que, ao exercer esforços sobre a plataforma dos pés, as quatro barras do gráfico à direita apresentam amplitudes maiores, enquanto que as barras da esquerda ficam nulas. São elas nomeadas como “Retropodal Direito” e “Retropodal Esquerdo” para esforços nos calcanhares e “Anteropodal Esquerdo” e “Anteropodal Direito” para a parte frontal dos pés.

Ainda, ao sentar-se sobre a plataforma do quadril, sem exercer pressão sobre a plataforma dos pés, as barras da esquerda apresentam amplitudes maiores. Estas barras recebem os nomes de “Posterior Direito” e “Posterior Esquerdo” para esforço na região sacra e “Anterior Esquerdo” e “Anterior Direito” para inclinação frontal do tronco.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As plataformas baseadas em placas de PS sofreram deformação superior ao esperado, causando resultados inesperados como a necessidade de implementação de apoios internos ao sanduiche de placas e implementação de outros pés de suporte.

Outros trabalhos da área utilizam chapas de aço que não flexionam suficientemente para modificar o posicionamento dos sensores, sendo que são normalmente utilizadas células de carga com *Strain gauges* apoiados ao invés de FSRs, devido a curva de resposta ser mais linear e apenas um porção do esforço efetivamente realizado ser mensurado pelo transdutor.

Com relação ao condicionamento do sinal dos sensores, a opção por um amplificador inversor, conforme recomendado pelo fabricante, mostrou-se adequada para uma primeira versão, já que as variações de força puderam ser capturadas corretamente. No entanto, resultados melhores podem ser obtidos utilizando-se as soluções tradicionais, que empregam ponte de Wheatstone.

Por fim, pode-se afirmar que, devidamente calibrado, o sistema apresenta-se como uma solução de partida para projetos futuros de plataformas de análise de simetria. Os objetivos propostos foram atingidos, com o desenvolvimento, construção e testes de um equipamento para a aquisição simultânea dos esforços sob o quadril e sob os pés exercidos por uma pessoa.

4.1. TRABALHOS FUTUROS

Para a continuidade do projeto, pretende-se substituir as placas de PS utilizadas por um material que não apresente deformação (alumínio, por exemplo) e aprimorar o método de aplicação de carga sobre os sensores.

Ainda, novas funções podem ser implementadas, como: cálculo do centro de gravidade, armazenamento dos dados de aquisição, elaboração de um protocolo de treino motor, entre outros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado cumpriu com os objetivos de desenvolvimento e apresentação de uma solução de equipamento para mensurar esforços de forma simultânea. Os clientes entrevistados apresentaram o desejo de um produto de baixo custo de comercialização e assistência técnica rápida e eficiente.

A necessidade de elaboração deste projeto demonstrou-se relevante ao setor biomédico, caracterizando um ponto de partida para trabalhos futuros.

5.1. IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL

Este trabalho demonstrou uma possível solução para a implementação comercial de um equipamento relevante ao setor biomédico e ao profissional da fisioterapia. Portanto, como as pesquisas atuais ainda não exploram de forma significativa a simultaneidade da análise dos esforços, sabe-se que esta pesquisa demonstra-se relevante.

A pesquisa realizada com 5 voluntários envolvidos com a área de equipamentos biomédicos, resultou na principal necessidade de comercializar um equipamento de custo acessível, inferior à R\$3.000,00.

A pesquisa foi fundamental na elaboração do plano de negócios detalhado em capítulo específico, sendo esta pesquisa um estudo inicial da viabilidade da aplicação do produto no mercado. Da forma como foi estruturada, a empresa possibilita comercializar um produto até 80% mais barato que outros que, embora apresentem recursos e qualidade superiores, são os possíveis concorrentes para a aplicação específica para a qual este trabalho é focado.

Considerando um quadro de funcionários relativamente grande para uma empresa que está iniciando suas atividades, sabe-se que é possível trabalhar com um quadro reduzido e aplicar valores inferiores aos apresentados no estudo, e assim maximizar a atuação no mercado e a projeção de vendas.

A figura 32 ilustra o conjunto do projeto desenvolvido, composto pelas duas plataformas, dois cabos para conectá-las à caixa, uma fonte de corrente contínua (DC) e um cabo USB.



Figura 32 - Protótipo desenvolvido completo.
Fonte: Autoria própria.

5.2. TEMPO DE ESTUDO

O tempo necessário para o desenvolvimento completo deste trabalho de conclusão de curso foi de aproximadamente 50 horas para a elaboração do pré-projeto, 400 horas para o desenvolvimento mecânico, de *hardware*, *firmware* e *software* e 150 horas para escrever o trabalho e levantar os resultados, totalizando em aproximadamente 600 horas de atividades, conforme a figura 33.

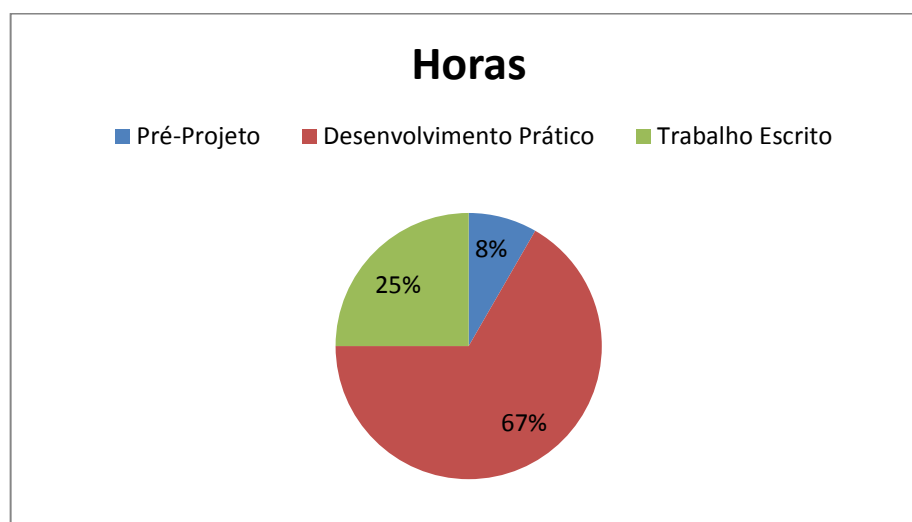


Figura 33 - Divisão das atividades realizadas no TCC.
Fonte: Autoria própria.

Com relação às dificuldades encontradas este trabalho demonstrou-se desafiador devido às inúmeras etapas de integração mecânica, eletrônica e de programação, além de envolver o setor biomédico no estudo.

6. PLANO DE NEGÓCIOS

6.1. SUMÁRIO EXECUTIVO

O Plano de Negócio da Plataforma de Análise de Simetria apresenta um novo produto para a área biomédica denominado Baroequilíbrium, inserindo um equipamento de reabilitação para pacientes pós-acidente vascular cerebral e comprometimento da mobilidade de um hemisfério do corpo, patologia conhecida como hemiparesia.

Pacientes que sofreram AVC e encontram-se limitados fisicamente, sofrem diariamente com a locomoção devido à hemiplegia, sendo que, caso fizessem um treino motor adequado, seria possível retomar todas as atividades motoras praticamente em um ritmo normal.

O principal diferencial do dispositivo proposto é a possibilidade de analisar a simetria postural do quadril e pernas dos pacientes de forma simultânea e contínua ao longo do tratamento de reabilitação.

Este equipamento permitirá interpretar o alinhamento postural do paciente sentado e em pé, permitindo evoluir o tratamento de acordo com as necessidades de cada indivíduo. Como atualmente os equipamentos fazem um procedimento similar a este analisando somente pacientes em posição bípede, este projeto demonstra-se relevante no auxílio à reabilitação da marcha partindo do treinamento motor sentado à fase de marcha. O produto está apresentado na figura 34.



Figura 34 - Produto completo.
Fonte: Autoria própria.

Ainda, a apresentação dos resultados é feita em um computador, a partir de uma interface gráfica que mostra os esforços feitos sobre as plataformas posicionadas sob o quadril e os pés do paciente.

Este produto visa fornecer uma alternativa aos equipamentos existentes no mercado praticando preços inferiores aos concorrentes especializados na recuperação de pacientes hemiparéticos adultos.

A utilização e manipulação deverão ser feitas por profissionais da saúde, tais como fisioterapeutas, ortopedistas e outros especialistas da área.

Estima-se atingir cerca de 3% das clínicas envolvidas com reabilitação no Brasil, ao final dos três primeiros anos, diversas instituições de ensino e pesquisa e os profissionais espalhados pelo território nacional, difundindo a utilização do dispositivo e da tecnologia por ele empregada.

Para que seja economicamente viável estabelecer a empresa, é preciso um investimento inicial de R\$280.000,00 para estrutura da empresa e fluxo de caixa, esperando-se a estabilização da empresa aproximadamente no final do primeiro ano após a entrada no mercado. A rentabilidade da empresa estimada para o final do primeiro ano é de 29% até sua estabilização dentro dos três primeiros anos.

A captação dos recursos será feita junto aos próprios sócios, e com o financiamento do BNDESPar. Os sócios participarão com 50% dos investimentos iniciais, em partes iguais.

Espera-se atingir todos os estados brasileiros na encomenda de equipamentos de reabilitação dentro de 5 anos, fazendo parcerias com clínicas de reabilitação e fornecendo treinamento aos profissionais da saúde.

Criar padrões de avaliação médica utilizando os sistemas produzidos e distribuir às clínicas de reabilitação nos seis primeiros meses. Atingir mais de 12 vendas mensais da plataforma dentro dos 8 primeiros meses de abertura da empresa.

Representar o produto nas regiões sul e sudeste com palestras e divulgação dos sistemas biomédicos diretamente com o cliente, em clínicas, eventos, exposições e feiras no primeiro ano de empresa. Da mesma forma, ampliar a representação da empresa para todas as regiões do país dentro dos 3 primeiros anos.

A equipe é formada por quatro sócios com formação em Engenharia Eletrônica. A capacitação também é enfática em gestão de projetos, financeira, do

produto e da produção, resultando em um grupo capaz de realizar as atividades propostas.

Na figura 35 está apresentado o modelo Canvas elaborado para o projeto.

Parcerias Chaves -Tekscan (sensores) -Texas Instruments (microcontrolador) -Instituições de Ensino e Pesquisa -Empresas Terceirizadas	Recursos Chaves -Desenvolvimento de Produto -Material de Divulgação Website, Folder -Elaboração de Palestras e Treinamento	Proposta de Valor -Plataformas de Simetria de Quadril e Pernas de forma simultânea	Relacionamento com Clientes -Contato Direto -Palestras -Período de Avaliação -Pós Vendas e Assistência Técnica -Treinamentos	Segmentos de Clientes -Clínicas de Reabilitação
	Atividades Chaves -Exposição em Eventos -Vendas Diretas -Gerenciamento de Produtos Testes -Treinamentos		Canal -Representante de Vendas, Eventos e Palestras -Entrega via Correios	
Estrutura de Custos Pagamento do Quadro de Funcionários Produção do Produto Envio dos Produtos Viagens, Divulgação, Palestras e Treinamentos			Fluxo de Receitas Por Unidades Vendidas com 30 Dias Para o Pagamento	

Figura 35 – Modelo Canvas do projeto.
 Fonte: Autoria própria.

6.2. DESCRIÇÃO DO NEGÓCIO

O nosso negócio é desenvolver e comercializar o Baroequilibrium, como produto da área da saúde para a recuperação de pacientes hemiparéticos adultos em clínicas de reabilitação.

O histórico da ideia surgiu a partir da constatação da crescente necessidade de automatização do setor da saúde, mais especificamente na fisioterapia. Como em muitos tratamentos de reabilitação os profissionais da saúde precisam analisar os pacientes observando seus movimentos, além de lidar diretamente com o corpo do mesmo, surgiu a proposta do fisioterapeuta Dr. Leonardo Grilo Gomes para desenvolver um equipamento que atenda ao mercado biomédico.

De acordo com a Dra. Benseñor na pesquisa⁵ a respeito da incidência de acidente vascular cerebral (AVC) ao redor do mundo, estima-se que em 2015 haverá 18 milhões de novos casos de AVC e, em 2030, 23 milhões de novas ocorrências.

No Brasil em 2009, segundo o DATASUS⁶ do Ministério da Saúde, o SUS atendeu 160.621 internações em função de doenças cerebrovasculares no país, sendo que, em 2012 houve 16.010 internações especificamente para reabilitação com internação, sendo que, em média, os pacientes permaneceram 12,5 meses internados para tratamento.

O uso do produto proposto será inicialmente baseado em parcerias com clínicas de reabilitação, vendendo o produto e treinando os profissionais para manipular o equipamento em análises clínicas e durante as sessões de fisioterapia dos pacientes.

Sabe-se que são constantes os desenvolvimentos de novas técnicas e métodos utilizados na medicina, e com isso, este produto tem intenção de inserir no mercado uma avaliação quantitativa dos movimentos dos pacientes com restrição na mobilidade, especificamente para a marcha hemiparética.

Com isso, todo o processo de avaliação e desenvolvimento do paciente ao longo do tratamento pode ser monitorado, possibilitando um melhor acompanhamento da evolução da mobilidade, além de garantir que paciente e

⁵ BENSEÑOR, I.; LOTUFO, P. A incidência do acidente vascular cerebral no Brasil. Como Tudo Funciona. Disponível em: <saude.hsw.uol.com.br/avc-epidemiologia.htm>. Acesso em: 12 jan 2014.

⁶ MINISTÉRIO DA SAÚDE. Datasus. Datasus Por Dentro 2.0, 2013. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>. Acesso em: 19 dez 2013.

profissionais tenham maior conforto durante as sessões e os resultados sejam atingidos mais rapidamente, configurando alta qualidade e eficiência à clínica.

6.2.1. Visão

Tornar-se referência em parcerias com clínicas brasileiras de reabilitação da hemiparesia desenvolvendo e distribuindo sistemas eletrônicos.

6.2.2. Missão

Realizar parcerias com clínicas de reabilitação, treinando profissionais do ramo da saúde e demonstrando as potencialidades dos equipamentos, maximizando a qualidade dos tratamentos obtendo a fidelização dos clientes.

6.2.3. Valores

Constante atualização da tecnologia empregada nos equipamentos. Busca pelas reais necessidades dos clientes e garantia de satisfação. Manter a ética e o respeito em todas as etapas de produção e distribuição. Produzir somente equipamentos que melhorem a qualidade e o conforto em procedimentos da área da saúde.

6.3. EQUIPE E ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A equipe é formada inicialmente por uma estrutura que garanta o início das vendas e crescimento rápido para atingir a estabilidade da empresa. Dessa forma, abaixo do diretor geral, fiscal de todas as atividades da empresa, estão três setores.

O gerente de *marketing* e vendas deve ser responsável pela elaboração do material de divulgação dos produtos como: artes dos cartazes e folders, *website*, vídeos promocionais, logomarca e outros meios de divulgação, coordenando o desenvolvimento terceirizado. Outras atividades de promoção como participação e divulgação em eventos e feiras também fazem parte das obrigações do gerente de *marketing*. Ainda, o envio dos produtos para testes e as vendas deles devem ser informadas ao setor administrativo para liberação e contabilização com o contador.

O engenheiro de produção é o responsável por gerenciar uma equipe de produção que poderá ser inicialmente terceirizada ou contratada temporariamente até a empresa iniciar as vendas. Entre as atividades estão a necessidade de treinamento dos profissionais da área da saúde para a utilização do equipamento e, com isso, o aprimoramento contínuo do dispositivo. Ainda, cabe ao engenheiro de

produção realizar o controle de estoques do almoxarifado e atendimento ao suporte técnico enquanto não houver sobrecarga, posteriormente serão contratados encarregados específicos a cada atividade.

O gerente administrativo e financeiro é o responsável por organizar e fiscalizar o fluxo de caixa da empresa, assegurar os recursos e assegurar o cumprimento do cronograma da empresa, pesquisando e repassando os locais de divulgação para o departamento de *marketing* e treinamento ao departamento de engenharia. Também, é dever do gerente administrativo organizar os serviços terceirizados, tais como contabilidade, limpeza e segurança da empresa. Por fim, é seu papel administrar a liberação de unidades encomendadas pelos clientes, sejam para vendas ou testes, requisitando à produção de novas unidades quando necessário, elaborando orçamentos e pedidos para manutenção dos estoques de matéria-prima.

A estrutura organizacional está ilustrada pela figura 36.

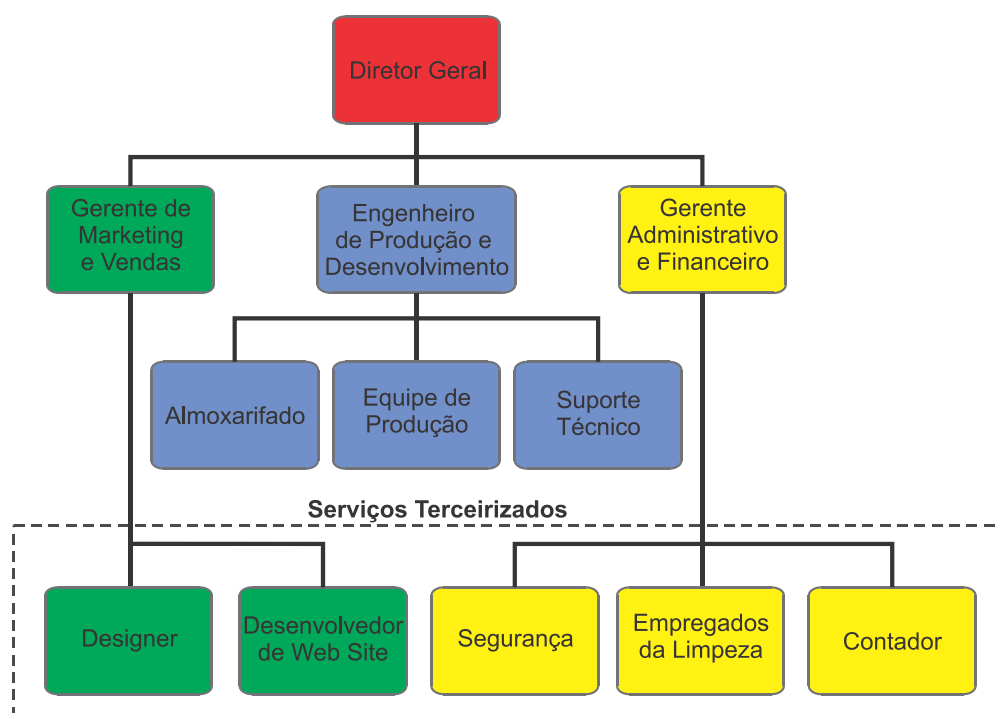


Figura 36 - Estrutura Organizacional.
Fonte: Autoria própria.

6.3.1. Quadro de pessoal

O quadro de pessoal apresenta os gastos com cada empregado pretendido no primeiro ano de vida da empresa, considerando salários para empregados contratados, representando um gasto superior caso a empresa contasse com pró-

labores de sócios como substitutos aos empregados contratados. A tabela 1 demonstra os gastos com cada funcionário nos próximos 3 anos. É possível verificar que, esta estimativa leva em conta o crescimento da empresa após o primeiro ano, e com isso o aumento dos gastos totais da folha.

A empresa por se inserir no SIMPLES nacional tem obrigação do pagamento de 34,05% de encargos sociais sobre a folha de pagamento. Os benefícios considerados para cada funcionário foram o vale transporte, em média 40 por mês, e outros R\$200,00 para custear plano de saúde, seguro de vida e vale-refeição.

Tabela 1 - Quadro de Pessoal.

Quadro de Pessoal			
Ano	2014	2015	2016
Direção			
Diretor Geral	R\$ 48.000,00	R\$ 60.000,00	R\$ 72.000,00
Subtotal	R\$ 48.000,00	R\$ 60.000,00	R\$ 72.000,00
Produção e Desenvolvimento			
Engenheiro	R\$ 74.880,00	R\$ 74.880,00	R\$ 74.880,00
Almoxarife	-	R\$ 14.400,00	R\$ 14.400,00
Técnico de Suporte	-	R\$ 20.400,00	R\$ 20.400,00
Operário 1	R\$ 9.360,00	R\$ 9.360,00	R\$ 9.360,00
Estagiário	-	R\$ 7.200,00	R\$ 7.200,00
Subtotal	R\$ 84.240,00	R\$ 126.240,00	R\$ 126.240,00
Marketing e Vendas			
Gerente de Marketing	R\$ 42.000,00	R\$ 42.000,00	R\$ 42.000,00
Vendedor	-	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00
Serviços Terceirizados	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
Subtotal	R\$ 57.000,00	R\$ 81.000,00	R\$ 81.000,00
Gerais e Administrativas			
Gerente Administrativo	R\$ 60.000,00	R\$ 60.000,00	R\$ 60.000,00
Estagiário	-	R\$ 7.200,00	R\$ 7.200,00
Contador Terceirizado	R\$ 3.600,00	R\$ 3.600,00	R\$ 3.600,00
Limpeza Terceirizada	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00
Segurança Terceirizada	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00
Subtotal	R\$ 75.600,00	R\$ 82.800,00	R\$ 82.800,00
Total Pessoas	5	10	10
Total Folha	R\$ 264.840,00	R\$ 350.040,00	R\$ 362.040,00
Benefícios e Obrigações	R\$ 91.718,02	R\$ 122.268,62	R\$ 126.354,62
Total Gastos com Folha	R\$ 356.558,02	R\$ 472.308,62	R\$ 488.394,62

Fonte: Autoria própria.

Os aspectos financeiramente, as prioridades envolvem assegurar a saúde econômica e financeira da empresa, identificar e neutralizar os riscos, fazendo com que aumente seu valor no mercado. Nesta análise do plano financeiro serão considerados valores referentes ao primeiro ano da empresa.

6.4. ANÁLISE ESTRATÉGICA

Pretende-se acaçar os clientes por meio de divulgação da proposta de valor com palestras e participação em eventos e congressos específicos da área. Demonstrar as qualidades e possibilidades do produto e oferecer treinamento de utilização aos profissionais das clínicas de forma gratuita, disponibilizando o produto por um tempo para adaptação. Acompanhar os resultados obtidos pelos clientes e utilizar como *Marketing* de vendas.

A principal diferença entre os produtos existentes no mercado é a capacidade de análise simultânea do alinhamento postural do quadril e pernas, possibilitando iniciar o tratamento com o paciente sentado e, assim, iniciar rapidamente o tratamento pós acidente vascular cerebral, ao contrário dos produtos concorrentes.

Também, o produto deve ser disponibilizado a um preço muito inferior aos concorrentes, sem afetar de forma significativa os resultados esperados e a velocidade de resposta.

Os produtos concorrentes chegam às clínicas por meio de compra direta dos representantes dos produtos geralmente importados. Por serem de elevado valor são naturalmente restritos à consultórios e clínicas especializadas.

A análise estratégica apresentada pela tabela 2, a partir da análise SWOT, apresenta os fatores externos à empresa como oportunidades e ameaças e os fatores internos como as forças e fraquezas da empresa com relação aos concorrentes.

Tabela 2 - Análise SWOT para a empresa.

Análise SWOT	
Fatores Externos	
Oportunidades	Ameaças
Poucos concorrentes	Concorrência com empresas consolidadas na área
Crescente mercado de biomédica	Surgimento de produtos concorrentes mais baratos
Incentivos governamentais e de pesquisa na área	Surgimento de produtos substitutos
Necessidade de produtos mais baratos	Dificuldade de adaptação do mercado
	Dificuldade em atingir as metas de vendas
Fatores Internos	
Forças	Fraquezas
Conhecimento em engenharia biomédica	Falta de experiência com empresas
Entrada no mercado com produto pronto	Recursos limitados
Produto de baixo custo de produção	

Fonte: Autoria própria.

A concorrência investe constantemente em tecnologia de ponta com malha de sensores e processamento digital de imagem. Dessa forma, os produtos agregam elevado valor, resultando em altos custos de aquisição.

Outro ponto será apresentar o produto em feiras, eventos e congressos da área biomédica e da saúde. Demonstrar os benefícios e a proposta de valor do produto, conquistando os profissionais.

Realizar palestras e treinamento dos profissionais da saúde que farão uso do produto e oferecer períodos de teste para as clínicas de reabilitação implementarem de forma gradual a utilização do equipamento.

6.4.1. Cronograma

O cronograma que a empresa seguirá está apresentada pela tabela 3 com as atividades a serem realizadas..

Tabela 3 - Cronograma por atividades.

Atividades	2014											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Produzir lote piloto												
Elaborar material de promoção												
Definir locais de promoção												
Promoção em eventos e feiras												
Pesquisar regiões de novos clientes												
Visitar clientes e divulgar produto												
Realizar treinamento na região visitada												
Disponibilizar produtos para testes												
Recolher produtos para testes												
Fabricar novas unidades do produto												
Enviar encomendas aos clientes												

Fonte: Autoria própria.

6.4.2. Estratégia de preços

Os preços que pretende-se praticar com este produto devem ser muito inferiores aos concorrentes, portanto, boa parte desta diferença pode ser utilizada no *marketing* do produto e com o financiamento das palestras e treinamentos.

6.4.2.1. Estratégia de Promoção

A promoção do produto será primordialmente executada em feiras da área biomédica, comparando o sistema proposto com os concorrentes e apresentando as vantagens.

Também, diretamente em clínicas de reabilitação serão oferecidos treinamentos gratuitos aos profissionais, com palestras e minicursos para utilização e manuseio do produto, oferecendo períodos de teste gratuitos para as clínicas se adaptarem em sua implementação.

6.4.2.2. *Estratégia de Distribuição*

A distribuição do produto aos clientes será feita por meio de transportadora ou pelos Correios⁷. Também poderá ser feita durante a estadia dos promotores do produto na região, em cursos, treinamentos, palestras, feiras e congressos em que a empresa estiver presente.

6.4.3. Estratégia de vendas

Inicialmente as vendas serão reduzidas devido ao processo de promoção da marca e do produto. Oferecendo uma primeira experiência gratuita aos prováveis clientes com treinamento e palestras, será criada a necessidade de utilização e, assim, iniciarem-se as vendas.

Portanto, este estágio pleno de vendas só será possível a partir do momento em que diversas clínicas forem convencidas da eficiência do produto e comprarem por meio de encomenda.

Estima-se que o tempo necessário para as vendas do produto ser convertidas em retorno será de 1 a 3 anos, a partir do início da divulgação.

O plano de vendas é dividido em 3 etapas: a primeira é apresentar com palestras o produto, suas vantagens e benefícios com relação aos concorrentes; a segunda é oferecer treinamento com minicurso e disponibilizar o produto para implementação gratuita nas clínicas; e por fim, as vendas em escala para as clínicas de reabilitação, instituições e outros clientes.

As principais alianças estabelecidas serão com os operadores do sistema, que servirão de conexão entre o usuário, que são os pacientes, e o cliente, que são as clínicas de reabilitação.

Outra forma importante de aliança é dada com programas do governo de incentivo ao combate e ao tratamento de pacientes que sofreram AVC.

⁷ EMPRESA BRASILEIRA DE CORREIOS E TELÉGRAGOS. Correios. Correios. Disponível em: <<http://www.correios.com.br/>>. Acesso em: 2 fev 2014.

6.5. PRODUTOS E SERVIÇOS

A plataforma de análise de simetria é um dispositivo capaz de identificar a relação de equilíbrio do corpo humano em duas posições de forma simultânea: em pé e sentado, possibilitando que clínicas de reabilitação utilizem-no em tratamentos de pacientes hemiparéticos, avaliando de forma menos subjetiva a resposta do paciente durante o treino motor.

Como os clientes tiveram que ser contatados para que as conclusões a respeito da aplicabilidade do produto no mercado conforme ele foi concebido pudessem ser realizadas, o Apêndice A foi submetido à 5 possíveis compradores, contendo a apresentação do produto e a pesquisa de mercado.

A pesquisa foi fundamental na elaboração do plano de negócios e no estudo da viabilidade da aplicação do produto no mercado. Da forma como foi estruturada, a empresa possibilita comercializar um produto até 80% mais barato que os concorrentes especializados.

Considerando um quadro de funcionários relativamente grande para uma empresa que está iniciando suas atividades, sabe-se que é possível trabalhar com um quadro reduzido e aplicar valores inferiores aos apresentados no estudo, e assim maximizar a atuação no mercado e a projeção de vendas.

O software para interface com o usuário disponibiliza uma interface gráfica com informações a respeito da configuração da conexão USB com do equipamento e dos esforços realizados sobre os sensores, conforme apresentado pela figura 37.

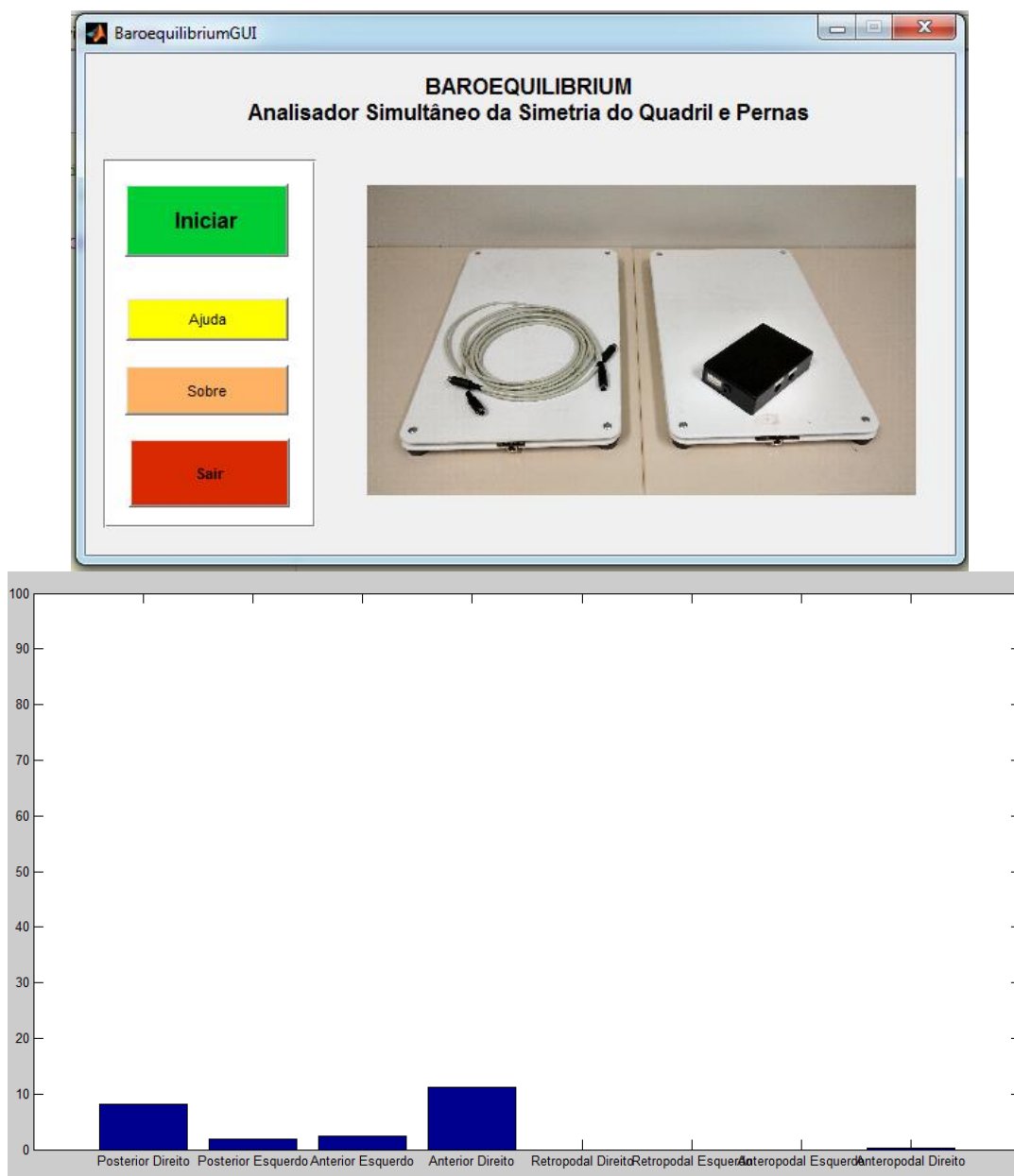


Figura 37 - Interface gráfica desenvolvida.
Fonte: A autoria própria.

Uma vez configurada a porta de comunicação o sistema inicia seu funcionamento em tempo real, demonstrando os resultados em um gráfico de oito barras, conforme a figura 37 apresenta. Pode-se observar que, ao exercer esforços sobre a plataforma dos pés, as quatro barras do gráfico à direita apresentam amplitudes maiores, enquanto que as barras da esquerda ficam nulas. São elas nomeadas como "Retropodal Direito" e "Retropodal Esquerdo" para esforços nos calcanhares e "Anteropodal Esquerdo" e "Anteropodal Direito" para a parte frontal dos pés.

Ainda conforme a figura 38, ao sentar-se sobre a plataforma do quadril, sem exercer pressão sobre a plataforma dos pés, as barras da esquerda apresentam amplitudes maiores. Estas barras recebem os nomes de “Posterior Direito” e “Posterior Esquerdo” para esforço na região sacra e “Anterior Esquerdo” e “Anterior Direito” para inclinação frontal do tronco.



Figura 38 - Utilização do sistema e suas diferentes respostas de acordo com os esforços feitos.
Fonte: Autoria própria.

Com as considerações obtidas, pelos clientes, a respeito das necessidades a serem atendidas, sabe-se que, em sua maioria, são atingidas as expectativas dos clientes com a proposta de valor do produto e seu baixo custo de comercialização em comparação aos concorrentes. Outro ponto destacado fortemente é a necessidade em ter assistência técnica rápida e eficiente, sem encarecer com isso o preço do produto.

O serviço proposto é caracterizado pela parceria com clínicas de reabilitação que, ao comprar a plataforma de simetria, poderão receber treinamento dos profissionais da saúde para operar e interpretar os resultados apresentados de forma gráfica.

6.5.1. Análise comparativa

Comparativamente aos sistemas existentes no mercado, sabe-se que a especificidade do Baroequilíbrio não apresenta todas as funções dos concorrentes, muito embora consiga fazer análises simplificadas de simetria dinâmica.

A característica mais relevante do produto apresentado é o custo de aquisição ser de 60% a 90% inferior em comparação aos produtos concorrentes especializados no tratamento de saúde, devido aos materiais utilizados na construção e à tecnologia de desenvolvimento aplicada. Pode-se analisar um comparativo no quadro 1.

Quadro 1 - Análise comparativa de produtos similares.
Fonte: Autoria própria.

Quadro Comparativo entre Produtos Concorrentes			
Produto	Aplicação	Preço	Imagem
Wii Fit® Balance Board® ⁸	Acessorio do console Nintendo Wii® - Aplicação para atividades lúdicas e de movimentação, não acompanha console ou jogos	R\$ 400,00	
Plataforma de Baropodometria T Plate ⁹	avaliação postural, complementar na avaliação clinica	R\$ 13.374,00	
Plataforma de Pressão Fusyo ⁴	avaliação postural com maior resolução, complementar na avaliação clinica	R\$ 38.950,00	
Plataforma Wintrack ⁴	avaliação postural, complementar na avaliação clinica para mais de um passo	R\$ 39.890,00	

⁸ NINTENDO. Wii Fit Plus. Wii Fit. Disponível em: <<http://wiifit.com/>>. Acesso em: 4 fev 2014.

⁹ PODALY. Podaly. Podaly. Disponível em: <<http://podaly.com.br/site/>>. Acesso em: 20 jan 2014.

Outro ponto importante é quanto à forma de utilização recomendada ser contínua ao longo dos tratamentos, enquanto os dispositivos similares existentes no mercado são mais utilizados para avaliação pré e pós-tratamento ou até mesmo como atividade de movimentação apenas de forma lúdica.

Sabe-se que os equipamentos profissionais apresentados no quadro 1 são equipados com uma gama de recursos muito superior ao Baropodômetro. Dessa forma, o foco do Baroequilíbrium é dado somente na análise do equilíbrio do paciente e não no mapeamento da planta dos pés ou da passada entre outros recursos disponíveis nos concorrentes, porém o Baroequilíbrium efetua análises dinâmicas do alinhamento simultâneo no quadril e pernas com um preço inferior.

A opção por não utilizar a plataforma Balance Board® da Nintendo® foi exatamente para desenvolver um equipamento que não dependa da produção terceirizada, utilizando uma tendência de tecnologia baseada em apoios, possibilitando novas pesquisas na área e desenvolvimento posterior apenas com componentes comuns, evitando o risco de o produto entrar em descontinuidade de produção, tendo em vista a vida útil curta dos produtos no mercado de jogos.

6.5.2. Produtos e serviços futuros

Como continuação do desenvolvimento do sistema, sabe-se que a tendência de automatização é crescente, portanto, propõe-se incorporar uma base de dados e arquivamento de resultados; ampliar as informações a respeito do tratamento e as respostas apresentadas pelo programa; e históricos com análise de desempenho automático.

6.6. ANÁLISE DE MERCADO

O mercado em que as plataformas de simetria se encontram é composto pelos consumidores de tecnologia de análise e auxílio em tratamentos de pacientes hemiparéticos adultos.

6.6.1. Segmentação de mercado

Entre os segmentos de mercado existem as clínicas de reabilitação especializadas em tratamento de pacientes hemiparéticos, pois levam consigo a necessidade de uma boa infraestrutura para tornarem-se referência de qualidade nos tratamentos.

Outro segmento é o corpo profissional da saúde relacionado à reabilitação de pacientes hemiparéticos. Ambientes de trabalho com o sistema possibilitam melhorar a qualidade de trabalho do profissional e facilitam a avaliação de desempenho dos pacientes. Após os profissionais receberem orientações a respeito do funcionamento, características e benefícios na utilização do produto, serão um potencial aliado na difusão das vendas.

Os resultados do tratamento podem ser obtidos mais rapidamente e o tratamento poderá ser progressivo, inicialmente sentado e posteriormente em pé, sem perda de qualidade na análise do treino motor. Portanto, os pacientes darão preferência por utilizar o equipamento devido ao conforto e ao ganho na qualidade do tratamento.

De acordo com o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CMES), existem 4845 registros de clínicas de Fisioterapia, 701 centros de ortopedia, 1067 policlínicas no Brasil. Ainda existem outras instituições de pesquisa e ensino que podem se interessar em adquirir o equipamento, entre outros profissionais especializados.

Deste universo numérico apresentado espera-se atingir 3% dentro dos três primeiros anos, configurando aproximadamente 200 empresas equipadas e treinadas neste período de tempo, porém, a quantidade de unidades vendidas para este período são aproximadamente 1400.

6.6.2. Segmento alvo de mercado

Os esforços iniciais serão principalmente pela divulgação aos profissionais da área da saúde, pois a partir deles a utilização do produto será divulgada e as clínicas de reabilitação podem encomendar diversas unidades.

6.6.2.1. *Necessidades do Mercado*

As necessidades existentes no mercado são a redução dos custos para aquisição das plataformas, um produto específico para tratamento de hemiparéticos, assistência técnica rápida e disponibilidade de estoque a pronta entrega, conforme demonstra a pesquisa realizada no Apêndice A.

6.6.2.2. *Tendências do Mercado*

Atualmente, as últimas tendências de pesquisa, desenvolvimento e aplicação na área fazem uso de plataformas durante o tratamento de pacientes hemiparéticos.

6.6.2.3. *Crescimento do Mercado*

Com o crescente número de pacientes acompanhando o aumento populacional, juntamente ao apoio governamental à saúde, com programas de acessibilidade, e a melhoria da renda da população, todos os anos surgem novas clínicas de reabilitação, configurando um mercado em constante expansão.

6.7. MÉTODOS E PROCESSOS

A tecnologia adotada no desenvolvimento é diferenciada das adotadas pelos concorrentes, pois a configuração das plataformas é feita com apoios ao invés de malha de sensores, reduzindo os custos de produção e mantendo bom desempenho.

A resposta do sistema no computador é apresentada em tempo real, possibilitando avaliar a quantidade de esforço feito em cada região do corpo.

A proposta de valor pretendida pelo produto é possibilitar a um preço acessível analisar simultaneamente o alinhamento postural do paciente no quadril e pernas, de forma dinâmica e quantitativa, para o treino motor de pacientes hemiparéticos em clínicas de reabilitação, acelerando os resultados, maximizando o conforto do paciente e do profissional da área.

Promover também, treinamento e capacitação para manipulação e avaliação dos equipamentos e resultados gerados, promovendo relacionamento forte e fidelização.

Os principais participantes do processo de desenvolvimento e produção são fornecedores de chapas de poliestireno, fabricantes de sensores de pressão, cabos, conectores, componentes eletrônicos e necessários à fabricação de placas de circuito impresso. Os potenciais clientes são clínicas de reabilitação. Já os parceiros são os respectivos profissionais qualificados e pacientes.

Como concorrentes há produtos substitutos similares e técnicas que não utilizam plataformas. Uma parcela pequena ainda pode utilizar plataformas lúdicas como substituto, porém a aplicação não se destina a este propósito.

- **Fornecedores:**

- FlexiForce®¹⁰ - Sensores de pressão;
- Isoforma Plásticos Industriais Ltda.¹¹ – Chapas de Poliestireno;
- Beta Eletrônica¹² – Componentes eletrônicos, placas de circuito impresso, caixas plásticas e pés de borracha;

¹⁰ TEKSCAN. Flexiforce Sensors. Tekscan. Disponível em: <<http://www.tekscan.com/flexible-force-sensors>>. Acesso em: 14 jul 2013.

¹¹ ISOFORMA PLÁSTICOS INDUSTRIAIS LTDA. Plásticos Industriais - Poliestireno. Isoforma. Disponível em: <<http://www.isoforma.com.br/home/>>. Acesso em: 24 nov 2013.

-Pioneira dos parafusos¹³ – Parafusos e porcas.

- **Concorrentes:**

- Plataforma Balance Board® - Wii Fit® da Nintendo® Acessório do console Nintendo Wii® – R\$400,00, sem o console ou jogos;

- Plataforma de Baropodometria T Plate – R\$13.374,00 - avaliação postural, complementar na avaliação clínica;

- Plataforma de Pressão Fusyo – R\$38.950,00 – Idêntico ao T Plate, porém com mais sensores;

- Plataforma Wintrack – Pista de Marcha (1,5mx0,5m) - R\$39.890,00 – Idêntico aos anteriores, porém com possibilidade de mais de um passo.

- **Clientes:**

- Clínicas especializadas em reabilitação de pacientes hemiparéticos;

- Profissionais da área da saúde relacionada.

- **Parceiros:**

- Universidades e outras instituições de pesquisa na área;

- Profissionais da área da saúde relacionada;

- Governo e instituições de apoio à vítimas de AVC.

Parte dos recursos utilizados para abertura da empresa virão, em parte, de recursos próprios provenientes de economias pessoais e venda de bens.

Outra parcela desses recursos necessários virá de empréstimo junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o qual oferece diversas categorias de apoio ao empreendedor.

¹² BETA COMERCIAL ELETRÔNICA LTDA. Beta Comercial. Beta. Disponível em: <<http://loja.eletronicabeta.com.br/index.php>>. Acesso em: 29 out 2013.

¹³ PIONEIRA DOS PARAFUSOS. Pioneira dos Parafusos. Pioneira. Disponível em: <<http://pioneira.com/>>. Acesso em: 12 dez 2013.

6.8. ANÁLISE FINANCEIRA

A partir da tabela 4 é possível analisar os gastos relacionados ao cronograma e ao departamento encarregado.

Tabela 4 - Cronograma por designação e gastos.

Atividades	2014				
	Data Início	Data Fim	Gastos (R\$)	Responsável	Departamento
Produzir lote piloto	01/01/2014	31/05/2014	R\$ 58.910,00	Engenheiro	Produção
Elaborar material de promoção	01/01/2014	31/03/2014	R\$ 2.000,00	Designer	Marketing
Definir locais de promoção	01/01/2014	31/03/2014	R\$ 300,00	Gerente	Administração
Palestras e promoção em eventos e feiras	01/02/2014	31/12/2014	R\$ 15.000,00	Promotor	Marketing
Pesquisar regiões de novos clientes	01/02/2014	31/02/2014	R\$ 200,00	Gerente	Administração
Visitar clientes e divulgar produto	01/03/2014	31/12/2014	R\$ 5.000,00	Promotor	Marketing
Realizar treinamento na região visitada	01/03/2014	31/11/2014	R\$ 2.000,00	Engenheiro	Marketing
Disponibilizar produtos para testes	01/03/2014	31/11/2014	R\$ 500,00	Gerente	Administração
Recolher produtos para testes	01/04/2014	31/12/2014	R\$ 500,00	Gerente	Administração
Fabricar novas unidades do produto	01/06/2014	31/09/2014	R\$ 108.983,50	Engenheiro	Produção
Enviar encomendas aos clientes	01/07/2014	31/12/2014	R\$ 500,00	Gerente	Administração
Total			R\$ 193.893,50		

Fonte: Autoria própria.

6.8.1. Investimentos necessários

Os investimentos em capital de giro somado ao ativo líquido exigido totalizam R\$280.000,00 conforme a tabela 5 apresenta.

Tabela 5 - Cronograma por designação e gastos.

Aquisição de ativo imobilizado líquido	R\$ 30.000,00
Capital de Giro	R\$ 250.000,00
Total de investimento	R\$ 280.000,00

Fonte: Autoria própria.

6.8.2. Fluxo de caixa operacional do projeto

O fluxo de caixa operacional do projeto para o primeiro ano apresenta um déficit de R\$19.026,34, conforme apresentado na tabela 6, devido ao processo de inserção no mercado, portanto, cabe ao segundo ano de atividade o surgimento de lucros líquidos para a empresa.

Tabela 6 - Cronograma por designação e gastos.

1. Receitas líquidas	R\$ 638.934,92
2. (-) Custos dos produtos vendidos	R\$ 279.481,26
3. (=) Lucro Bruto	R\$ 359.453,66
4. (-) Despesas Operacionais	
4.1. Pessoal	R\$ 224.880,00
4.2. Serviços de terceiros	R\$ 30.600,00
4.4. Aluguéis e Contas a Pagar	R\$ 120.000,00
4.5. Aquisição de equipamento	R\$ 3.000,00
5. (=) Lucro Líquido	-R\$ 19.026,34

Fonte: Autoria própria.

6.8.3. Indicadores financeiros

Os principais indicadores que devem ser analisados são: receita operacional bruta e líquida; custos fixos, variáveis, diretos e indiretos; os impostos faturados; lucro bruto e operacional; despesas; imposto de renda; retorno sobre investimento (ROI); e o fluxo de caixa.

6.8.4. Análise do break-even

O ponto de equilíbrio é o momento em que o lucro gerado ultrapassa os custos e despesas fixos e variáveis da empresa, sendo assim, é o momento em que há retorno dos investimentos feitos. O ponto de equilíbrio (PE) pode ser calculado pela equação 3.

$$PE = \frac{\text{Custos Fixos}}{\text{Margem de Contribuição}} \quad (3)$$

Onde o PE pode ser calculado em reais ou em unidades do produto vendidas.

- **Custos Fixos:**

Os custos fixos são obtidos pelos gastos que não dependem diretamente do volume da produção ou prestação de serviço, como aluguel, salários, seguros, etc. Estimando-se que aluguel, luz, telefone, condomínio, seguro incêndio, IPTU, entre outros sejam R\$10.000,00, somados aos R\$31.124,84 da folha de pagamento do quadro de funcionários, os custos fixos resultantes são de R\$41.124,84 conforme apresentado na tabela 7.

Tabela 7 - Custos fixos.

Custos Fixos	
Aluguel	R\$ 7.000,00
Luz	R\$ 800,00
Telefone	R\$ 400,00
Condomínio	R\$ 300,00
Seguro incêndio	R\$ 200,00
IPTU	R\$ 300,00
Outros	R\$ 1.000,00
Folha de Pagamento	R\$ 32.124,84
Total	R\$ 42.124,84

Fonte: Autoria própria.

- **Margem de Contribuição Unitária:**

A margem de contribuição unitária pode ser obtida pelo preço de venda unitário menos o custo variável unitário, caracterizado pelos gastos para produzir cada unidade do produto, como mão de obra, matéria prima, embalagem e frete.

Considerando que parte da fabricação será feita na própria empresa, os custos para produzir uma unidade do produto são apresentados na tabela 8.

Tabela 8 - Custos de produção unitária do produto.

Plataformas de Análise de Simetria	
Matéria Prima	Custo Unitário
Chapas de Poliestireno	R\$ 53,33
8 Sensores de força A201	R\$ 392,50
4m Cabo Manga 6 vias	R\$ 12,00
4 Conectores Macho PS2	R\$ 24,00
4 Conectores Fêmea PS2	R\$ 8,00
Placa de Circuito Impresso	R\$ 20,00
Resistores	R\$ 2,00
Regulador de Tensão UA7905	R\$ 1,00
Outros Componentes	R\$ 3,00
Caixa Plástica	R\$ 12,00
Kit Microcontrolado	R\$ 20,00
Fonte DC 12V	R\$ 12,00
Pés de Borracha	R\$ 12,00
Parafusos	R\$ 6,00
Porcas	R\$ 4,00
Subtotal	R\$ 581,83
Fabricação	
Circuito Impresso	R\$ 200,00
Soldagem Componentes	-
Usinagem das Chapas e Apoios	R\$ 200,00
Montagem das Plataformas	-
Montagem da Caixa	-
Subtotal	R\$ 400,00
Total	R\$ 981,83

Fonte: Autoria própria.

Dessa forma, para se determinar o ponto de equilíbrio corretamente é preciso inicialmente calcular o preço unitário de venda do produto. Sendo assim, o método utilizado na tabela 9 foi o Mark-up multiplicador, levando como margem de lucro 40% sobre o valor de produção, despesas e impostos.

Tabela 9 - Determinação do preço do produto.

Preço de Venda Com Mark-Up Multiplicador			
Custo			R\$ 981,83000
Mark-up Multiplicador		4,338395	
Preço de Venda	100,00%		R\$ 4.259,56616
Despesas Administrativas	5,80%		R\$ 247,05484
Despesas Comerciais	6,90%		R\$ 293,91007
Despesas Financeiras	2,60%		R\$ 110,74872
ICMS	18,00%		R\$ 766,72191
PIS	0,65%		R\$ 27,68718
COOFINS	3,00%		R\$ 127,78698
Margem de Lucro Desejada	40,00%		R\$ 1.703,82646
Soma	76,95%		R\$ 3.277,73616
Custo			R\$ 981,83000
			R\$ 4.259,57

Fonte: Autoria própria.

Com o valor de venda obtido, é possível calcular a margem de contribuição unitária. Portanto, tendo determinado o valor de venda unitário do produto é possível estimar-se o ponto de equilíbrio apresentado na tabela 10.

Tabela 10 - Ponto de equilíbrio.

Ponto de Equilíbrio	
Custo Fixo	R\$ 41.124,84
Preço de Venda Unitário	R\$ 4.259,57
Custo Variável Unitário	R\$ 981,83
Margem de Contribuição Unitária	R\$ 3.277,74
Margem de Contribuição %	7,97%
Ponto de Equilíbrio (em R\$)	R\$ 515.981,28
Ponto de Equilíbrio (em unidades)	12,55

Fonte: Autoria própria.

6.9. ANÁLISE DE CENÁRIOS

Em um cenário pessimista as vendas em unidades seriam crescentes nos primeiros meses de vendas do produto, porém estabilizariam inferior ao ponto de equilíbrio devido ao mercado interessado no produto não envolver empresas de revenda do produto. Dessa forma, o estudo incluiu uma empresa estruturada com vários funcionários e setores, caracterizando altos custos fixos e variáveis, o que não seria necessário em uma empresa do setor.

Para um cenário realista as vendas superariam os prazos de estabilização determinados neste estudo se alguns fatores decisivos ocorressem. Entre eles a não realização de eventos no setor para divulgação do produto e da empresa, bem como o desinteresse por parte dos compradores devido à especificidade para a qual o produto se destina. Dessa forma, para a inicialização da empresa, poderiam ser reduzidos alguns funcionários a fim de inserir a empresa no ramo, contratando novos funcionários conforme a necessidade e o crescimento dos lucros.

Por fim, o estudo otimista foi realizado considerando que a empresa será completamente estruturada com vários funcionários e, portanto, terá condições de superar as expectativas de vendas. Com base no estudo do ponto de equilíbrio, sabe-se que no primeiro ano de empresa é preciso vender 12,55 unidades a cada mês para que a empresa consiga se evitar a falência. Para isso, o dinheiro reservado para participação em eventos, feiras e exposições deve ser utilizado para que se consiga atingir a meta mínima.

A projeção de vendas da empresa é descrita pelo figura 6.

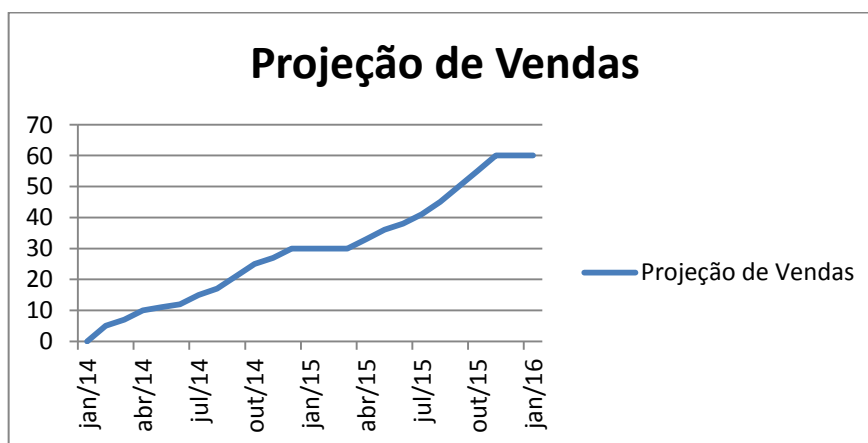


Figura 39 - Projeção de vendas do produto.
Fonte: Autoria própria.

Dessa forma, estima-se que a partir do sexto mês de existência da empresa ocorrerá o ponto de equilíbrio, sendo necessários mais quatro meses até que ocorra a recuperação com o déficit de vendas dos primeiros meses. Muito embora o investimento feito não tenha sido recuperado no primeiro ano de existência da empresa, sabe-se que no segundo ano este ponto será atingido de acordo com as projeções. O estudo da projeção do fluxo de caixa detalhado para o primeiro ano está apresentado no Apêndice B.

REFERÊNCIAS

- ALTIUM. Getting Started with PCB Design - Tutorial. **Altium**, 2008. Disponível em: <<http://www.altium.com/files/altiumdesigner/s08/learningguides/tu0117%20getting%20started%20with%20pcb%20design.pdf>>. Acesso em: 15 out 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FISIOTERAPIA EM NEUROLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO E DIVULGAÇÃO DOS CONCEITOS NEUROFUNCIONAIS. Conceito BOBATH, 2011. Disponível em: <<http://www.abradimene.org.br/artigos-materias/conceito-bobath>>. Acesso em: 15 jan 2014.
- BENSEÑOR, I.; LOTUFO, P. A incidência do acidente vascular cerebral no Brasil. **Como Tudo Funciona**. Disponível em: <<saude.hsw.uol.com.br/avc-epidemiologia.htm>>. Acesso em: 12 jan 2014.
- BETA COMERCIAL ELETRÔNICA LTDA. Beta Comercial. **Beta**. Disponível em: <<http://loja.eletronicabeta.com.br/index.php>>. Acesso em: 29 out 2013.
- CARVALHO, A. C. et al. Projeto hemiplegia um modelo de fisioterapia em grupo para hemiplégicos crônicos. **Arq Ciênc Saúde**, n. 14(3):161-8, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE CORREIOS E TELÉGRAGOS. Correios. **Correios**. Disponível em: <<http://www.correios.com.br/>>. Acesso em: 2 fev 2014.
- ISOFORMA PLÁSTICOS INDUSTRIAIS LTDA. **ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE CHAPA EXTRUDADA – PS CRISTAL**. Isoforma Plásticos Industriais Ltda. Cabreúva, p. 2.
- ISOFORMA PLÁSTICOS INDUSTRIAIS LTDA. Plásticos Industriais - Poliestireno. **Isoforma**. Disponível em: <<http://www.isoforma.com.br/home/>>. Acesso em: 24 nov 2013.
- KAPANDJI, I. F. **Fisiologia articular**: esquemas comentados de mecânica humana. 5ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, v. 3, 2000.
- KAPANDJI, I. F. **Fisiologia articular**: esquemas comentados de mecânica humana. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, v. 2, 2000.
- MALVINO, A. P. **Eletrônica**. São Paulo: McGraw-Hill, Ltda., v. 2, 1986. ISBN 0-07-113480-8.
- MICROCHIP. Datasheet do amplificador MCP6001, 2009. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21733j.pdf>>. Acesso em: 09 ago 2013.

- MILLMAN, J.; HALKIAS, C. C. **Eletrônica - Dispositivos e Circuitos**. Recife: McGRAW-HILL DO BRASIL, LTDA., v. 2, 1981.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Datasus. **Datasus Por Dentro 2.0**, 2013. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>>. Acesso em: 19 dez 2013.
- NINTENDO. Wii Fit Plus. **Wii Fit**. Disponível em: <<http://wiifit.com/>>. Acesso em: 4 fev 2014.
- PIONEIRA DOS PARAFUSOS. Pioneira dos Parafusos. **Pioneira**. Disponível em: <<http://pioneira.com/>>. Acesso em: 12 dez 2013.
- PODALY. Plataforma de Baropodometria S/T Plate. **Podaly**. Disponível em: <<http://podaly.com.br/site/1749>>. Acesso em: 20 jan 2014.
- PODALY. Plataforma Fusyo. **Podaly**. Disponível em: <<http://podaly.com.br/site/1752>>. Acesso em: 20 jan 2014.
- PODALY. Plataforma Win Track - Pista de Marcha. **Podaly**. Disponível em: <<http://podaly.com.br/site/1751>>. Acesso em: 20 jan 2014.
- PODALY. Podaly. **Podaly**. Disponível em: <<http://podaly.com.br/site/>>. Acesso em: 20 jan 2014.
- RAINE, S.; MEADOWS, L.; LYNCH-ELLERINGTON, M. **Bobath Concept - Theory and Clinical Practice in Neurological Rehabilitation**. [S.I.]: Blackwell Publishing Ltd, 2009.
- ROBINSON, A. J.; SNYDER-MACKLER, L. **Eletrofisiologia clínica**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2001.
- SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M.; KANDEL, E. R. **Princípios Da Neurociência**. Barueri: Manole, 2003.
- SCREMIM, R. D. Aparelho de baropodometria para uso na reabilitação de alterações de marcha, Curitiba, 2012.
- SECRETARIA DE DIREITOS HUMANOS. DECLARAÇÃO UNIVERSAL DOS DIREITOS HUMANOS - Artigo XXV. **Secretaria de Direitos Humanos**, 1948. Disponível em: <http://portal.mj.gov.br/sedh/ct/legis_intern/ddh_bib_inter_universal.htm>. Acesso em: 14 mar 2014.
- SOBOTTA, I. **Atlas de anatomia humana**. 21ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, v. 2, 2000.
- STMICROELECTRONICS. **DATASHEET - LOW POWER QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS**. [S.I.]. 2001.

TEKSCAN. How the Flexiforce sensor works, 29 dez 2010. Disponível em: <<http://www.tekscan.com/flexible-force-sensors>>. Acesso em: 18 jul 2013.

TEKSCAN. Flexiforce Sensors. **Tekscan**. Disponível em: <<http://www.tekscan.com/flexible-force-sensors>>. Acesso em: 14 jul 2013.

TEKSCAN. Standard Force & Load Sensors Model A201. Disponível em: <<http://www.tekscan.com/pdf/FLX-A201-force-sensor.pdf>>. Acesso em: 18 jul 2013.

TEXAS INSTRUMENTS. Code Composer Studio. **Code Composer Studio**. Disponível em: <<http://www.ti.com/tool/ccstudio>>. Acesso em: 7 dez 2013.

TEXAS INSTRUMENTS. Stellaris® LM4F120 LaunchPad Evaluation Kit. Disponível em: <<http://www.ti.com/tool/EK-LM4F120XL>>. Acesso em: 3 ago 2013.

TEXAS INSTRUMENTS. Stellaris® LM4F120 LaunchPad Evaluation Kit. **Texas Instruments**. Disponível em: <<http://www.ti.com/tool/EK-LM4F120XL>>. Acesso em: 23 out 2013.

TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S. **Sistemas digitais - Princípios e Aplicações**. 7^a. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000.

WEST, K. **Biofeedback**. [S.l.]: Infobase Publishing, 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PESQUISA DE MERCADO

Apresentação do Baroequilibrium

A proposta do produto apresentado visa desenvolver um equipamento da área da saúde, buscando auxiliar a recuperação de pacientes hemiparéticos adultos em clínicas de reabilitação. Este produto tem intenção de inserir no mercado uma ferramenta de avaliação quantitativa da qualidade dos movimentos dos pacientes com restrição na mobilidade, especificamente para a marcha hemiparética.

Com isso, todo o processo de avaliação e desenvolvimento do paciente ao longo do tratamento pode ser monitorado, possibilitando um melhor acompanhamento da evolução da mobilidade, além de garantir que paciente e profissional tenham maior conforto durante as sessões e os resultados sejam atingidos mais rapidamente, configurando alta qualidade e eficiência à clínica.



A principal diferença entre os produtos existentes no mercado é a capacidade de análise simultânea do alinhamento postural do quadril e pernas, possibilitando iniciar o tratamento com o paciente sentado e, assim, iniciar rapidamente o tratamento pós acidente vascular cerebral, ao contrário dos produtos concorrentes.

Este produto deve ser disponibilizado a um preço inferior aos concorrentes, sem afetar significativamente os resultados esperados e a velocidade de resposta.

Pesquisa de Mercado da Plataforma Baroequilibrium

Aluno: Marcos Dinís Lavarda

Este questionário tem como objetivo apenas coletar informações, mantendo sigilo dos dados pessoais, para desenvolver um dispositivo de análise da simetria de quadril e pernas de forma simultânea para o trabalho de conclusão de curso de Engenharia Ind. Elétrica: ênfase em Eletrônica e Telecomunicações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Dados Pessoais

Nome:

Empresa de Trabalho:

Cargo/Função:

Questionário Técnico

- 1) Você conhece ou utiliza algum baropodômetro (medidor de pressão dos pés e equilíbrio do paciente) ou equipamento similar? Se sim, o que você acha dele e dos seus custos?
- 2) Na sua opinião, quais os maiores problemas dos aparelhos presentes no mercado?
- 3) Qual a necessidade funcional de um equipamento deste em sua clínica/trabalho?
- 4) O que é necessário para tornar o equipamento proposto no projeto viável em sua clínica/trabalho?
- 5) Qual o preço que você consideraria justo para o equipamento proposto neste projeto, considerando suas características e aplicações?

OBRIGADO PELA PARTICIPAÇÃO!

RESPOSTAS DOS CLIENTES

Dados Pessoais

Nome: *Cliente 1.*

Empresa de Trabalho: *Serviço de atendimento domiciliar ao paciente hemiplégico.*

Cargo/Função: *Fisioterapeuta.*

Questionário Técnico

1) Você conhece ou utiliza algum baropodômetro (medidor de pressão dos pés e equilíbrio do paciente) ou equipamento similar? Se sim, o que você acha dele e dos seus custos?

Sim. Um baropodômetro sem fios. São inviáveis às condições reais do país e acesso aos pacientes.

2) Na sua opinião, quais os maiores problemas dos aparelhos presentes no mercado?

O maior problema é o preço. Outro problema é a dificuldade do custo/benefício e a usabilidade. A assistência técnica de difícil acesso torna a aquisição complicada.

3) Qual a necessidade funcional de um equipamento deste em sua clínica/trabalho?

A utilização de um aparelho mais moderno diminui a quantidade de sessões a serem realizadas pelo paciente. O ganho por sessão poderia melhorar.

4) O que é necessário para tornar o equipamento proposto no projeto viável em sua clínica/trabalho?

Fácil aquisição, interação ou manuseio, preço baixo ou razoável e durabilidade.

5) Qual o preço que você consideraria justo para o equipamento proposto neste projeto, considerando suas características e aplicações?

Aparelho entre R\$5.000,00 e R\$10.000,00 não são compatíveis com a reabilitação privada ou particular. Na maioria das vezes são adquiridas por grandes empresas.

Dados Pessoais

Nome: *Cliente 2*

Empresa de Trabalho: *Empresa privada.*

Cargo/Função: *Gerente*

Questionário Técnico

1) Você conhece ou utiliza algum baropodômetro (medidor de pressão dos pés e equilíbrio do paciente) ou equipamento similar? Se sim, o que você acha dele e dos seus custos?

Já conheço. O valor do que conheço é inviável (estabilômetro).

2) Na sua opinião, quais os maiores problemas dos aparelhos presentes no mercado?

O custo alto.

3) Qual a necessidade funcional de um equipamento deste em sua clínica/trabalho?

A necessidade é alta, mas as políticas do governo não colaboram nem apoiam a compra.

4) O que é necessário para tornar o equipamento proposto no projeto viável em sua clínica/trabalho?

Diminuir o custo.

5) Qual o preço que você consideraria justo para o equipamento proposto neste projeto, considerando suas características e aplicações?

Sem noção.

Dados Pessoais

Nome: *Cliente 3*

Empresa de Trabalho: *Empresa privada de equipamentos médicos.*

Cargo/Função: *Responsável técnica.*

Questionário Técnico

1) Você conhece ou utiliza algum baropodômetro (medidor de pressão dos pés e equilíbrio do paciente) ou equipamento similar? Se sim, o que você acha dele e dos seus custos?

Sim. Conheço. Ex: balança, é viável pelo preço.

2) Na sua opinião, quais os maiores problemas dos aparelhos presentes no mercado?

O custo. O cliente não gosta de gastar muito.

3) Qual a necessidade funcional de um equipamento deste em sua clínica/trabalho?

Dá um plus a mais na empresa.

4) O que é necessário para tornar o equipamento proposto no projeto viável em sua clínica/trabalho?

O principal é o custo.

5) Qual o preço que você consideraria justo para o equipamento proposto neste projeto, considerando suas características e aplicações?

Sem opinião.

Dados Pessoais

Nome: *Cliente 4.*

Empresa de Trabalho: *Empresa privada de fisioterapia.*

Cargo/Função: *Fisioterapeuta.*

Questionário Técnico

1) Você conhece ou utiliza algum baropodômetro (medidor de pressão dos pés e equilíbrio do paciente) ou equipamento similar? Se sim, o que você acha dele e dos seus custos?

Sim, utilizo balança digital com o mesmo método. Os equipamentos profissionais são muito caros.

2) Na sua opinião, quais os maiores problemas dos aparelhos presentes no mercado?

O maior problema é o preço.

3) Qual a necessidade funcional de um equipamento deste em sua clínica/trabalho?

A estimulação da correção do equilíbrio postural diminui o tempo de afastamento das atividades laborais.

4) O que é necessário para tornar o equipamento proposto no projeto viável em sua clínica/trabalho?

Preço.

5) Qual o preço que você consideraria justo para o equipamento proposto neste projeto, considerando suas características e aplicações?

Na maioria a viabilidade econômica e o pagamento das consultas feitas pelo convênio.

Dados Pessoais

Nome: *Cliente 5*

Empresa de Trabalho: *Empresa privada.*

Cargo/Função: *Engenheiro Mecânico.*

Questionário Técnico

1) Você conhece ou utiliza algum baropodômetro (medidor de pressão dos pés e equilíbrio do paciente) ou equipamento similar? Se sim, o que você acha dele e dos seus custos?

Conheço. Vi ele em lojas de material esportivo e em consultórios médicos. Acho o produto muito importante para a saúde. Seu custo é elevado.

2) Na sua opinião, quais os maiores problemas dos aparelhos presentes no mercado?

Falta de disponibilidade, assistência técnica custosa, alto custo.

3) Qual a necessidade funcional de um equipamento deste em sua clínica/trabalho?

Venda.

4) O que é necessário para tornar o equipamento proposto no projeto viável em sua clínica/trabalho?

Ter assistência técnica rápida, ter sempre estoque, menor custo.

5) Qual o preço que você consideraria justo para o equipamento proposto neste projeto, considerando suas características e aplicações?

30% a menos que a média benchmarking.

APÊNDICE B – CÓDIGO EM C DO *FIRMWARE*

```

#include "inc/hw_memmap.h"
#include "inc/hw_types.h"
#include "driverlib/debug.h"
#include "driverlib/adc.h"

#include "driverlib/pin_map.h"
#include "driverlib/fpu.h"
#include "driverlib/gpio.h"
#include "driverlib/rom.h"
#include "driverlib/sysctl.h"
#include "utils/uartstdio.h"

#include "inc/hw_ints.h"
#include "driverlib/interrupt.h"
#include "driverlib/uart.h"

// Função de erro de chamada da biblioteca de drivers
#ifdef DEBUG
void
__error__(char *pcFilename, unsigned long ulLine)
{
}
#endif

int main(void)
{
    unsigned long leituraADC0[8]; // Vetor das leituras do ADC

    ROM_FPULazyStackingEnable();

    ROM_SysCtlClockSet(SYSCTL_SYSDIV_5|SYSCTL_USE_PLL|SYSCTL_OSC_MAIN|SYSCTL_XTAL_16MHZ);

    // Inicialização da UART
    ROM_SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_UART0);
    ROM_SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOA);

    // Habilita o Port para utilizar o led
    ROM_SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOF);

    GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|GPIO_PIN_3);

    ROM_GPIOPinConfigure(GPIO_PA0_U0RX);
    ROM_GPIOPinConfigure(GPIO_PA1_U0TX);

    ROM_GPIOPinTypeUART(GPIO_PORTA_BASE, GPIO_PIN_0 | GPIO_PIN_1);

    //Configura a UART para 115,200bps, 8 bits de dados, sem paridade e 1 Stop bit.
    ROM_UARTConfigSetExpClk(UART0_BASE, ROM_SysCtlClockGet(), 115200,
        (UART_CONFIG_WLEN_8 | UART_CONFIG_STOP_ONE |
         UART_CONFIG_PAR_NONE));

    UARTStdioInit(0);

    ROM_SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_ADC0);

```

```

ROM_SysCtlADCSpeedSet(SYSCTL_ADCSPEED_250KSPS);

// Configura os oito canais do ADC
ROM_ADCSequenceDisable(ADC0_BASE, 0);
ROM_ADCSequenceConfigure(ADC0_BASE, 0, ADC_TRIGGER_PROCESSOR, 0);
ROM_ADCSequenceStepConfigure(ADC0_BASE, 0, 0, ADC_CTL_CH1);
ROM_ADCSequenceStepConfigure(ADC0_BASE, 0, 1, ADC_CTL_CH2);
ROM_ADCSequenceStepConfigure(ADC0_BASE, 0, 2, ADC_CTL_CH3);
ROM_ADCSequenceStepConfigure(ADC0_BASE, 0, 3, ADC_CTL_CH4);
ROM_ADCSequenceStepConfigure(ADC0_BASE, 0, 4, ADC_CTL_CH5);
ROM_ADCSequenceStepConfigure(ADC0_BASE, 0, 5, ADC_CTL_CH6);
ROM_ADCSequenceStepConfigure(ADC0_BASE, 0, 6, ADC_CTL_CH7);
ROM_ADCSequenceStepConfigure(ADC0_BASE, 0, 7, ADC_CTL_CH8 | ADC_CTL_IE |
ADC_CTL_END);
ROM_ADCSequenceEnable(ADC0_BASE, 0);

while(1)
{
    // Somente envia serialmente se houver requisição via USB
    if(ROM_UARTCharsAvail(UART0_BASE))
    {
        UARTStdioInit(0);

        // Acende o led para indicar a requisição de dado.
        GPIOPinWrite(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_2, GPIO_PIN_2);

        // Delay por 1ms
        SysCtlDelay(SysCtlClockGet() / (1000 * 3));

        // Apaga o led
        GPIOPinWrite(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_2, 0);

        // Escreve os oito canais na saída serial
        UARTprintf("%d\n", leituraADC0[7]);
        UARTprintf("%d\n", leituraADC0[4]);
        UARTprintf("%d\n", leituraADC0[6]);
        UARTprintf("%d\n", leituraADC0[5]);
        UARTprintf("%d\n", leituraADC0[3]);
        UARTprintf("%d\n", leituraADC0[2]);
        UARTprintf("%d\n", leituraADC0[1]);
        UARTprintf("%d\n", leituraADC0[0]);
    }

    ROM_ADCIntClear(ADC0_BASE, 0);
    ROM_ADCProcessorTrigger(ADC0_BASE, 0);
    while(!ADCIntStatus(ADC0_BASE, 0, false))
    {
    }
    ROM_ADCSequenceDataGet(ADC0_BASE, 0, leituraADC0);
}
}

```

APÊNDICE C – CÓDIGO MATLAB

```

function varargout = BaroequilibriumGUI(varargin)
% BAROEQUILIBRIUMGUI MATLAB code for BaroequilibriumGUI.fig
%   BAROEQUILIBRIUMGUI, by itself, creates a new BAROEQUILIBRIUMGUI or
%   raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = BAROEQUILIBRIUMGUI returns the handle to a new BAROEQUILIBRIUM-
%   GUI or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   BAROEQUILIBRIUMGUI('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls
%   the local
%   function named CALLBACK in BAROEQUILIBRIUMGUI.M with the given in-
%   put arguments.
%
%   BAROEQUILIBRIUMGUI('Property','Value',...) creates a new BAROEQUI-
%   LIBRIUMGUI or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs
%   are
%   applied to the GUI before BaroequilibriumGUI_OpeningFcn gets
%   called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property applica-
%   tion
%   stop. All inputs are passed to BaroequilibriumGUI_OpeningFcn via
%   varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
%   one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help BaroequilibriumGUI

% Last Modified by GUIDE v2.5 19-Feb-2014 17:04:26

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @BaroequilibriumGUI_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @BaroequilibriumGUI_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

```

```

% --- Executes just before BaroequilibriumGUI is made visible.
function BaroequilibriumGUI_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to BaroequilibriumGUI (see VARARGIN)

% Choose default command line output for BaroequilibriumGUI
handles.output = hObject;
handles.configure = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes BaroequilibriumGUI wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = BaroequilibriumGUI_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in Iniciar.
function Iniciar_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Iniciar (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

porta = inputdlg({'Informe o número da Porta Serial (COM?) do Dispositivo:'}, 'Configuração da Porta COM');

com = 'COM';
cat = strcat(com, porta);

delete(instrfindall); % Reset Com Port
delete(timerfindall); % Delete Timers
s = serial(cat, 'BaudRate', 115200);
set(s, 'InputBufferSize', 16);
fopen(s);
guidata(hObject, handles);

%plot(handles.Grafico, rand(1,100));

%% Definindo Variáveis
num = zeros(1,8);
nome = {'Posterior Direito'; 'Posterior Esquerdo'; 'Anterior Esquerdo'; 'Anterior Direito'; 'Retropodal Direito'; 'Retropodal Esquerdo'; 'Anteropodal Esquerdo'; 'Anteropodal Direito'};
x = [1:8];

```

```

a= 0;

while(1)

    fprintf(s, '\n', 'sync')

    num(1,1) = fscanf(s, '%i');
    num(1,2) = fscanf(s, '%i');
    num(1,3) = fscanf(s, '%i');
    num(1,4) = fscanf(s, '%i');
    num(1,5) = fscanf(s, '%i');
    num(1,6) = fscanf(s, '%i');
    num(1,7) = fscanf(s, '%i');
    num(1,8) = fscanf(s, '%i');
    plota = (num./4096).*100;

    figure(1)
    bar(x,plota)
    set(gca, 'xticklabel', nome)
    ylim([0 100]);

    fclose(s);
    delete(s);
    clear s;
    s = serial(cat, 'BaudRate', 115200);
    set(s, 'InputBufferSize', 16);
    fopen(s);

end

% --- Executes on button press in Ajuda.
function Ajuda_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Ajuda (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

helpdlg({'Para configurar a porta de comunicação siga os pas-
sos:', '1)Clique no menu iniciar', '2)Abra "Dispositivos e Impressoras",...
      '3)Clique com o botão direito em "In-Circuit Debug Interfa-
ce"', '4)Selecione a opção "Propriedades"',...
      '5)Na aba "Hardware", dentro da janela "Funções do Dispositivo" veri-
fique o número do dispositivo "Stellaris Virtual Serial Port
(COM?)"', }, 'Menu Ajuda');

% --- Executes on button press in Sair.
function Sair_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Sair (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

delete(instrfindall); % Reset Com Port
delete(timerfindall); % Delete Timers
clear all;
close all;
delete all

% --- Executes on button press in Sobre.
function Sobre_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Sobre (see GCBO)

```



```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
helpdlg({'Software desenvolvido como Trabalho de Conclusão de Curso de En-
geharia Ind. Elétrica: Ênfase em Eletrônica e Telecomunicações da UT-
FPR', 'Versão 1.0', '', 'Desenvolvedor: Marcos Dinís Lavarda'}, 'Sobre');

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Figura_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to figura (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: place code in OpeningFcn to populate figura
imshow('figura.jpg');
```