



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
MCA0004 - PROJETO INTEGRADO DE MECATRÔNICA

Docentes:

ADELARDO ADELINO DANTAS DE MEDEIROS
PABLO JAVIER ALSINA
SAMAHERNI MORAIS DIAS
MARCIO VALERIO DE ARAUJO

SIMULADOR DE CIRURGIA LAPAROSCÓPICA DE BAIXO CUSTO

Discentes:

ANDRES ANTONIO ALVARADO ROJAS
ELITELMA DA SILVA SOUZA DE ARAÚJO
JOÃO BEZERRA DA ROCHA NETO
TIAGO HÉRIQUE SILVA DE ALMEIDA
URURAI DE CAMPOS GUIMARÃES FILHO
WENDELL ALVES DA SILVA
WILLIAN KOSSMANN DA SILVA

Natal-RN

2017

ANDRES ANTONIO ALVARADO ROJAS: 20160153730

ELITELMA DA SILVA SOUZA DE ARAÚJO: 20160153777

JOÃO BEZERRA DA ROCHA NETO: 20160153937

TIAGO HÉRIQUE SILVA DE ALMEIDA: 20160154030

URURAI DE CAMPOS GUIMARÃES FILHO: 20160154040

WENDELL ALVES DA SILVA: 20160154059

WILLIAN KOSSMANN DA SILVA: 20160154068

SIMULADOR DE CIRURGIA LAPAROSCÓPICA DE BAIXO CUSTO

Relatório Final apresentado à disciplina de Projeto Integrado de Mecatrônica, correspondente à avaliação da 3ª unidade do semestre 2017.1 do curso de Engenharia Mecatrônica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, sob orientação dos Professores Adelardo Adelino Dantas de Medeiros, Pablo Javier Alsina, Samaherni Moraes Dias e Márcio Valério de Araújo.

Resumo

Este relatório descreve a construção de um Simulador de Cirurgia Laparoscópica de Baixo custo, desenvolvido para o componente curricular MCA-0004 Projeto Integrado de Mecatrônica, do curso de Engenharia Mecatrônica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Corpo da ferramenta em software CAD	09
Figura 2: Ferramenta montada	10
Figura 3: Potenciometro linear	11
Figura 4: Mecanismo Pinhão cremalheira	11
Figura 5: Potenciometro multi voltas	12
Figura 6: Haste com cremalheira	12
Figura 7: Encoder ky-040	13
Figura 8: Arduino Mega	13
Figura 9: Circuito feito em software Eagle®	14
Figura 10: Fundo do software criado no Autodesk Maya	15
Figura 11: Haste da ferramenta feita no Autodesk Maya	15
Figura 12: Ponta da ferramenta feita no Autodesk Maya	16
Figura 13: Imagem do simulador	16
Figura 14: Configurações de Interface feitas pelo usuário	17

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVO	7
3. MATERIAIS E MÉTODOS	8
3.1. PROJETO MECÂNICO	8
3.1.1 MESA DE TRABALHO	8
3.1.2 FERRAMENTAS	9
3.2. PROJETO ELETRÔNICO	10
3.3 ARQUITETURA DE SOFTWARE	14
3.3.1 TASKS E SAÍDA DA SIMULAÇÃO	19
3.3.2 ARQUIVO DE CONFIGURAÇÕES DO PANDA 3D	19
4. ORÇAMENTO	20
5. CONCLUSÃO	21
6. REFERÊNCIAS	22
7. ANEXOS	2

1. Introdução

É indiscutível que a evolução tecnológica favoreceu o avanço na medicina, podemos usar como exemplo clássico a laparoscopia surgida em torno de 1902, a princípio para procedimentos ginecológicos, porém foi mostrando-se muito eficaz então mais tarde em meados dos anos 80 deu-se início a um novo conceito cirúrgico, a cirurgia laparoscópica, menos grosseira e invasiva, ela foi responsável por diminuir o tempo de recuperação e a dor causada pela cirurgia convencional, por isso difundiu-se tão rapidamente.

Através dessa técnica é possível acessar quase todos os órgãos com aparelhos contendo ferramentas cirúrgicas, os quais permitem a interação do médico com o corpo do paciente por meio de uma pequena incisão na região a ser tratada com o uso de um laparoscópio que permite visualizar e tratar a região desejada.

Por apresentar diversas vantagens, este procedimento tornou-se altamente requisitado, entretanto a dificuldade em capacitar profissionais neste tipo de procedimento faz com que o mesmo apresente uma curva de aprendizado muito lenta, isto se deve ao fato dos estudantes de medicina não terem muitas possibilidades de aulas práticas neste tipo de cirurgia. Existem estudos que constataam que os médicos necessitam de 20 a 70 cirurgias para adquirirem habilidade com esse procedimento, e com isso, diminuir o tempo de cirurgia.

É comum a existência de produtos biomédicos no mercado nacional, dentre eles alguns simuladores de cirurgia laparoscópica com os mais diferentes tipos de tecnologia e abordagens, uns são meras caixas de treinamento simples e já outros dispõem da mais alta tecnologia de hardware e software, o custo desses equipamentos aumentam de acordo com a tecnologia envolvida e o alto valor agregado a esses produtos é um dos limitantes ao seu acesso.

Tendo em vista a necessidade de equipamentos deste tipo e pretendendo diminuir consideravelmente o valor de mercado dos simuladores existentes no mercado, desenvolvemos um simulador que alie hardware e software em um mesmo produto que dará oportunidade de aquisição a instituições de ensino, para que seus residentes possam treinar cirurgias desse tipo e com isso, diminuir a curva de aprendizado.

2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um simulador de cirurgia laparoscópica de baixo custo e com interface gráfica amigável para seus usuários com o propósito de treinar estudantes de medicina.

3. Materiais e Métodos

O simulador de cirurgia laparoscópica proposto é subdividido em três módulos, sendo eles: o projeto mecânico e o projeto eletrônico, onde ambos configuram a parte de hardware e um software com interface amigável capaz de reproduzir os movimentos feitos nas ferramentas do simulador no computador.

3.1 Projeto Mecânico

O projeto mecânico do simulador consiste em uma mesa de trabalho e duas ferramentas.

3.1.1 Mesa de trabalho

A mesa de trabalho é a região que simula o abdômen do corpo humano. Feita em sua maior parte de madeira, é responsável por abrigar o microcontrolador e alguns sensores para capturar os movimentos provenientes da ferramenta, além de ser a base do simulador devendo ser posicionada em cima de uma mesa ou balcão.

Sua estrutura é em formato de uma caixa retangular, com um chanfro grande em uma de suas arestas. As paredes laterais foi feita com uma chapa de “madeira grossa” única fixadas uma na outra com pequenas hastes de “madeira grossa”, para proporcionar resistência a estrutura. Na região do chanfro há também uma chapa, com dois furos quadrados grandes, onde se localizará o conjunto de sensores de captura dos movimentos angulares e movimento linear de profundidade. A parte superior da caixa tem como objetivo ser suporte para um notebook ou monitor para a visualizar a virtualização da simulação. As regiões que ficaram expostas foram cobertas com folhas de “madeira fina” para não ficar uma estrutura muito pesada e ao mesmo tempo proporcionar proteção aos componentes internos do simulador.

Para a captura dos movimentos angulares, foi fixado um potenciômetro em uma das paredes dos furos e acoplado a ele há uma peça quadrada interna que possui um grau de movimento angular. Outro potenciômetro está fixado nesta peça a qual está acoplado uma segunda peça interna que possui outro grau do movimento angular rotacionado à 90° do anterior para assim ser possível a medição dos ângulos de rotação. Na peça central há um furo por onde passa a haste da ferramenta e em sua ponta do lado interno da caixa está localizado o potenciômetro multivoltas que, em conjunto da cremalheira presente na haste da ferramenta, captura o movimento linear de entrada e saída da haste da ferramenta.

3.1.2 Ferramentas

Construímos o corpo das ferramentas com prototipagem rápida, impressa em ABS e PLA a partir de um modelo em 3D criado com software CAD. Nelas estão dispostas duas cavidades onde sensores foram posicionados e uma região semi-aberta onde ficará a roleta de giro para simular o giro da haste. Há também superfícies auxiliares para ajudar na fixação dos sensores e dutos por onde os fios de alimentação e de sinais passarão até chegar a eles.

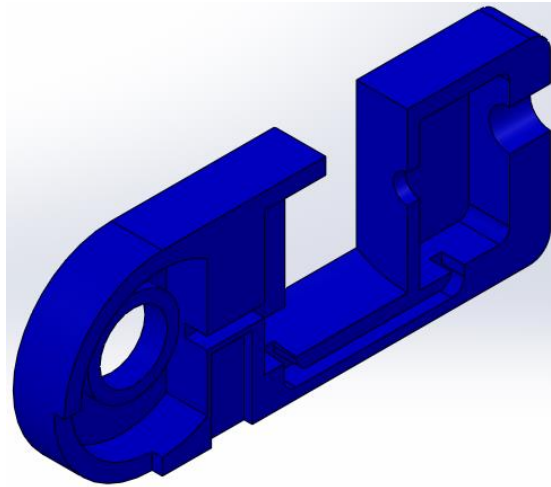


Figura 1 - Corpo da ferramenta em software CAD

Fonte: Foto elaborada pelo autor

Para ficar o mais parecido possível com a forma de manuseio de uma ferramenta laparoscópica real utilizamos a estrutura de uma tesoura comercial. Esta tesoura foi dividida e removida parte de sua lâmina, uma parte da tesoura é fixada a ferramenta, e a outra é fixada a um potenciômetro na parte posterior da ferramenta, dando uma liberdade de movimento semelhante a da ferramenta original.

Na parte frontal da ferramenta há uma abertura circular, por onde passa a haste da ferramenta e é fixada a um potenciômetro que captura o giro desta haste. A haste tem a função de transferir os movimentos angulares e de profundidade realizados para os sensores dispostos na mesa de trabalho, juntamente com os fios de alimentação e sinais dos sensores contidos na ferramenta.



Figura 2 - Ferramenta montada

Fonte: Foto elaborada pelo autor

3.2 Projeto Eletrônico

Este equipamento dispõe de uma eletrônica embarcada, tanto na mesa de trabalho quanto nas ferramentas que serão operadas pelos usuários. Tratam-se de sensores dispostos de maneiras estratégicas e conectados a um microcontrolador a fim de capturar todos os movimentos realizados nas ferramentas para serem reproduzidos no computador.

Nos furos dispostos na mesa de trabalho foram acoplados dois potenciômetros lineares simples em cada furo, com resistência de $1k\Omega$ e dimensão de 16,5 x 29 x 7,3 mm, com a finalidade de medir os movimentos das ferramentas em relação aos eixos 'x' e 'y'. Outro potenciômetro desse tipo foi colocado na junta de rotação da tesoura, e a variação da sua resistência irá determinar se a ponta da ferramenta está aberta ou fechada. Um quarto potenciômetro também foi colocado no final da empunhadura, e teve seu eixo conectado a haste, este é responsável pela junção da mesma com a ferramenta, logo sua rotação é também a rotação da haste. A figura 3 mostra os potenciômetros usados.

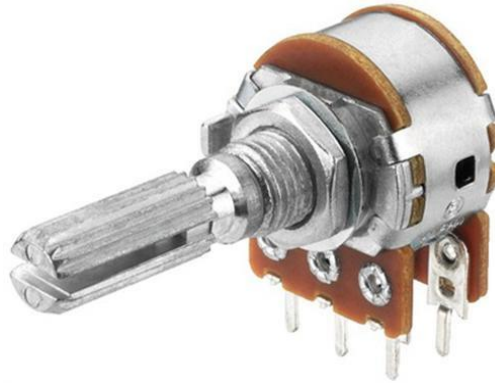


Figura 3: Potenciômetro linear

Disponível em : <http://www.adaline.co.th/product/303/vr-potentiometer-100k>

Acesso em 28 de jun. 2017

Para o movimento de translação da ferramenta, ou seja, o movimento da mesma em relação ao eixo 'z', elaboramos um mecanismo do tipo pinhão cremalheira, Como mostra a figura 4.



Figura 4: Mecanismo Pinhão cremalheira

Disponível em: <http://www.automotion.com.br/produtos/cremalheiras-e-pinhoes/dente-reto>

Acesso em 28 de jun. 2017

Uma engrenagem foi fixada ao eixo de um potenciômetro do tipo multi voltas com 10 voltas, resistência de 10k Ω e dimensão de 9 x 7,94 mm, e na haste foi fixada uma cremalheira que será encarregada de girar o pinhão e conseqüentemente girar o potenciômetro, e sua variação será equivalente ao movimento de translação da haste. Abaixo podemos ver o potenciômetro usado e a cremalheira.



Figura 5: Potenciômetro multi voltas

Disponível em:

[/eletronicos.mercadolivre.com.br/peças-componentes-eletricos-potenciômetros/potenciometro-10k-multivoltas](http://eletronicos.mercadolivre.com.br/peças-componentes-eletricos-potenciômetros/potenciometro-10k-multivoltas)

Acesso em 28 de jun. 2017



Figura 6: Haste com cremalheira

Disponível em : <http://lista.mercadolivre.com.br/barra-de-cremalheira-avulsa-port%C3%A3o-goiania>

Acesso em 28 de jun. 2017

A empunhadura ainda dispõe de mais um sensor do tipo encoder ky-040 com resolução de 20 pulsos, tensão de operação de 5v e dimensão de 32 x 19 x 30 mm, responsável também pela rotação da haste da ferramenta, sua função é redundante junto ao quarto potenciômetro linear, entretanto seu acionamento é feito de maneira diferente, visto que, este encoder será acoplado a roleta de giro e quando a mesma for acionada ele emitirá pulsos que indicarão o sentido da rotação da ferramenta.

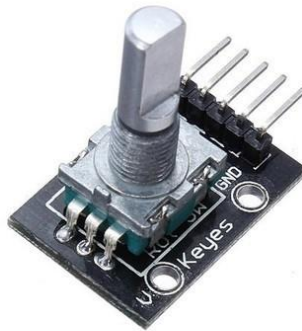


Figura 7: Encoder Ky-040

Disponível em: <http://lista.mercadolivre.com.br/barra-de-cremalheira-avulsa-port%C3%A3o-goiania>

Acesso em 18 de jun. 2017

Com todos os sensores dispostos nas ferramentas e na mesa de trabalho, é necessário agora a comunicação dos mesmos com o computador, para tal fim, é essencial o uso de um microcontrolador responsável pela aquisição desses sinais. Para este projeto optamos pelo Atmega2560 embarcado na placa de desenvolvimento Arduino®, pois o mesmo possui 16 canais de entradas analógicas e também saída de comunicação serial com interface USB (Universal Serial Bus) capaz de fazer a transmissão destes dados colhidos para o computador.

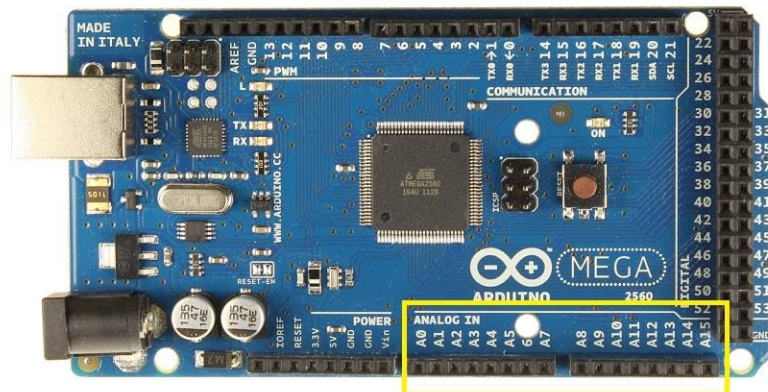


Figura 8: Arduino Mega destacando os canais analógicos utilizados

Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>

Acesso em 28 de jun. 2017

Com o intuito de fazer a ligação de todos os sensores embarcados com o microcontrolador foi projetado um circuito em software Eagle® para ser acoplado ao arduino

em suas devidas entradas analógicas, com isso, ele fará a leitura de todos os sensores e em seguida encapsulará estes dados para serem enviados ao computador. A figura 9 mostra o esquemático do circuito feito.

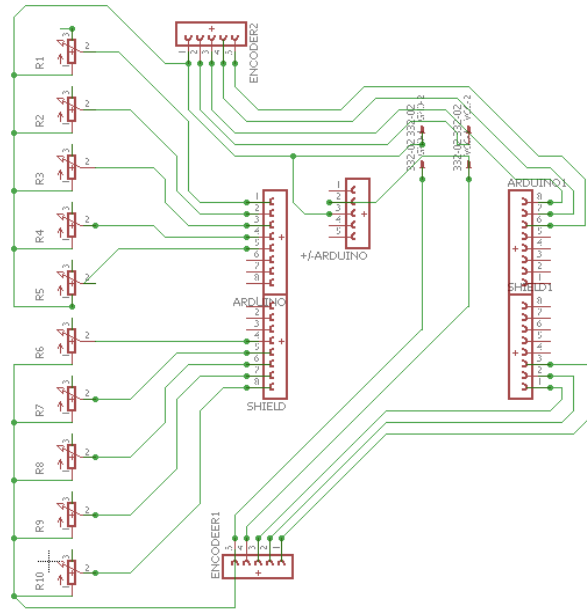


Figura 9: Circuito feito em software Eagle®

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.3 Arquitetura de Software

A interface gráfica configura o módulo de software, ou seja, é o ambiente de trabalho onde as ferramentas serão projetadas virtualmente reproduzindo os movimentos feitos pelas ferramentas físicas dispostas na mesa de trabalho. Para o desenvolvimento deste sistema foram utilizados: a linguagem Python® e o Panda 3D.

O Panda 3D é um motor que dispõe de sub rotinas capazes de renderizar objetos 3D, ele está bastante difundido no ramo da animação e em desenvolvimentos de jogos, é *open-source* e livre para qualquer propósito, por isso, podemos utilizá-lo sem nenhum tipo de licença.

Como citado acima, o Panda 3D é responsável pelas transformações lineares de objetos em 3D, mas a criação dos mesmos deve feita em outro software, para isso escolhemos o software chamado Autodesk Maya. Este programa permite fazer a modelagem em 3D de objetos e também é muito utilizado nas indústrias de animação e games.

Os modelos criados no Autodesk Maya para a simulação foram:

- Fundo: Caixa com chão, paredes laterais e parede frontal, e textura de órgãos internos, figura 10.

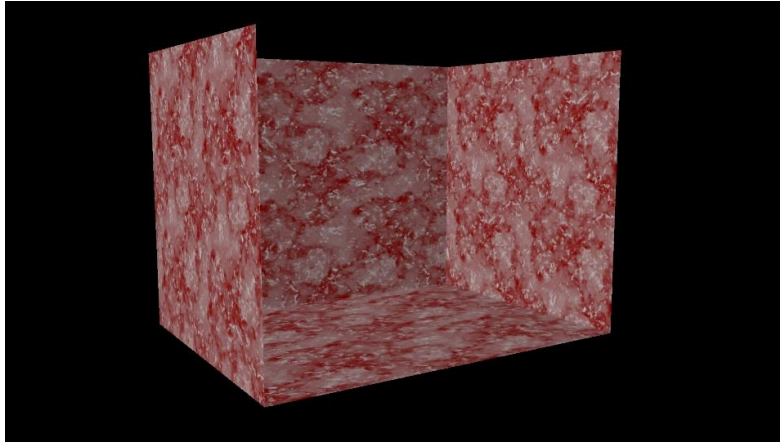


Figura 10: Fundo do software criado no Autodesk Maya

Fonte: Elaborada pelo autor.

- Junta: Simula o ponto de rotação para as hastes, é uma esfera transparente, logo não pode ser visualizada na simulação.
- Haste: Uma haste como filha de cada junta, é apenas um cilindro com textura metálica, figura 11.

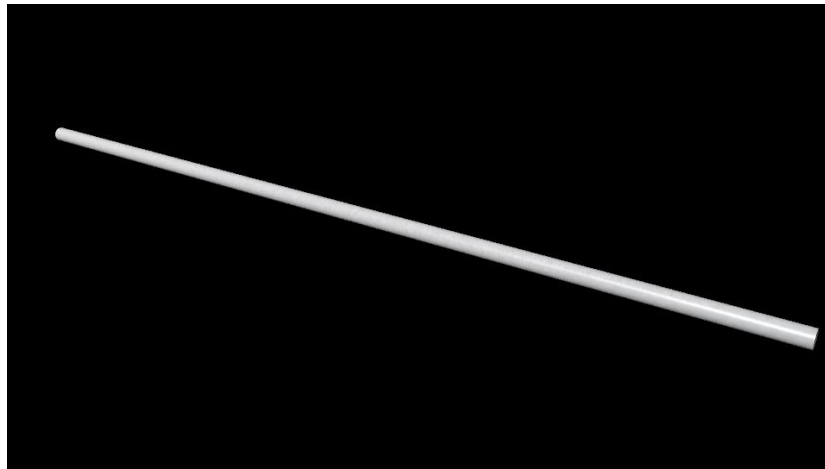


Figura 11: Haste da ferramenta feita software criado no Autodesk Maya

Fonte: Elaborada pelo autor.

- Tesoura: o modelo é apenas metade da tesoura com textura metálica, assim, cada haste tem dois modelos de tesoura, virados um para o outro, como filhos. O centro de rotação de cada metade se encontra na ponta da haste, figura 12.

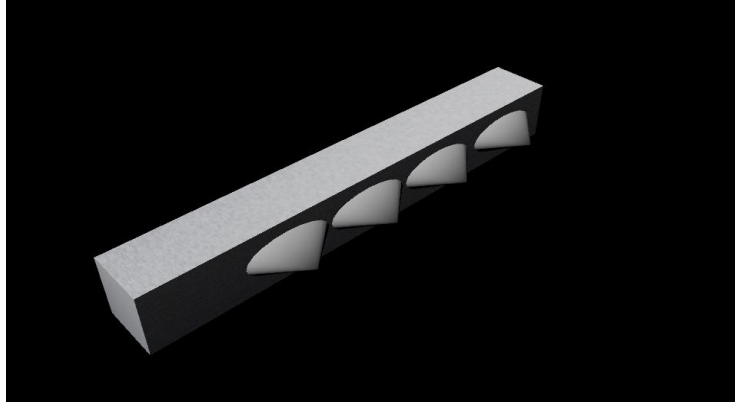


Figura 12: Ponta da ferramenta feita software criado no Autodesk Maya

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os movimentos utilizados nos modelos são de rotação e translação das hastes em relação à junta, e a de abrir e fechar as tesouras de cada haste.

De posse dos objetos modelados, o Panda 3D fica responsável por reunir todos esses objetos em um mesmo ambiente gráfico, além de obedecer a um *script* onde ele atualiza as imagens em tempo real e também se comunica externamente via serial com o microcontrolador e tudo isso sem perder desempenho, isto é, com um número considerável de *frames* por segundo.



Figura 13: Imagem do simulador

Fonte: Elaborada pelo autor.

A iluminação é feita com duas fontes de luz: uma ambiente bem fraca, que tem como propósito suavizar as sombras e não deixá-las em preto sólido; e uma focal, localizada junto à câmera, esta, ao se movimentar cria sombras dos objetos sobre o fundo, dependendo das distâncias.

Existem dois tipos de câmera disponíveis para serem utilizados na simulação, escolhido na GUI de Opções:

- **Câmera-Ferramenta:** A câmera é localizada na ponta da haste escolhida, e a tesoura é escondida, dessa forma tem-se a visão no referencial da ponta da haste, e ao ser colocada como filha da haste, todo movimento feito na haste é repassado à câmara. Neste modo, o mouse é desabilitado para controle da câmera.
- **Câmera-Virtual:** A câmera é colocada na posição default da simulação e a sua movimentação é feita utilizando o mouse (botão esquerdo é translação no plano XZ, botão direito permite translação no eixo Y e o botão central rotaciona a câmera nos seus próprios eixos). Neste modo, as duas ferramentas possuem tesoura, a diferença do primeiro modo onde a ferramenta que tem a câmera não possui tesoura visível. Como mostra a figura 14.

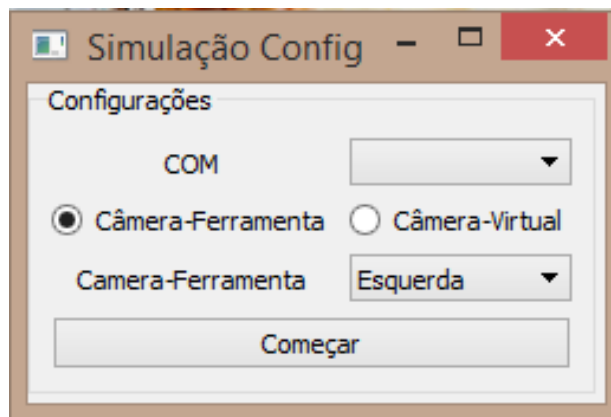


Figura 14: Configurações da Interface do usuário

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao rodar o programa, a primeira que coisa que será carregada será uma GUI de configuração, contendo as seguintes opções:

- Escolher a porta onde será feita a comunicação (só serão listadas as portas onde pode ser feita a comunicação) [ComboBox].
- Escolher entre utilizar Câmera-Ferramenta ou Câmera-Virtual (explicado no tópico de **Simulação**) [RadioBox].
- Escolher qual ferramenta será utilizada como a câmera (no caso da Câmera-Ferramenta) [ComboBox].

Depois de salvar estas configurações, a interface estará pronta para o uso e o usuário

poderá manipular as ferramentas da maneira que desejar acompanhando-as na tela do seu monitor em tempo real.

O software fará requisições de dados ao arduino que enviará uma String via serial, essa String será processada pelo programa escrito em Python® e em seguida determinará as posições e orientações das ferramentas. A String de dados enviados pelo arduino terá o seguinte formato:

$$\text{"F}<\phi_e>\text{G}<\gamma_e>\text{T}<\theta_e>\text{D}<dist_e>\text{R}<roda_e>\text{G}<gatilho_e> \\ \text{f}<\phi_d>\text{g}<\gamma_d>\text{t}<\theta_d>\text{d}<dist_d>\text{r}<roda_d>\text{g}<gatilho_d>\text{"*[soma]"}\text{"}$$

Onde a *[soma]* é a soma de todos os caracteres da string de dados. No caso da soma vindo na string não bater com a soma feita do lado do computador, a string é descartada e os valores não são atualizados. O mesmo acontecerá no caso de algum dos caracteres correspondentes aparecer fora de ordem, ou ser algum outro caractere não especificado.

No Arduino, os dados vindos dos sensores são lidos em alta frequência, mas a String só é formada e enviada quando há uma requisição de dados por parte do computador principal. No simulador, foi criado um arquivo python com a finalidade de Driver entre o Arduino e a Simulação. Nele existem funções para inicializar a comunicação com a porta serial escolhida na GUI de opções, fazer a requisição de dados e pegar as informações referentes a cada haste por separado.

3.3.1 Tasks e Saída da Simulação

Tasks no Panda3D são sub rotinas que são acionadas a cada certo intervalo de tempo. Na simulação há uma task que age a cada 20ms, que faz a requisição de dados por parte do Arduino e atualiza os valores das transformações das duas ferramentas. Este intervalo de tempo não interfere com o fps da simulação [mais detalhes em *Arquivo de Configurações do Panda3D*].

Para sair da simulação, existe uma ligação com a tecla ESC do teclado para finalizar a simulação e o programa como um todo.

3.3.1 Arquivo de Configurações do Panda3D

Um arquivo de configurações foi criado que refere a certos parâmetros utilizados pelo Panda3D para como a simulação deve ser criada.

Alguns dos parâmetros modificados foram:

- Ao começar a simulação colocar ela em fullscreen.
- Mostrar o fps no canto superior direito da tela da simulação.
- [Default] O simulador tenta manter o fps numa frequência que seja boa para o monitor onde esteja sendo apresentada (no caso dos nossos notebooks foi constatado 60.0 fps)

4. Orçamento

Os custos do projeto são demonstrados segundo a tabela abaixo:

QTD	Descrição	Preço (UN)	Preço Total	Frete
10,00	Potenciômetros Simples	R\$ 2,00	R\$ 20,00	Não
2,00	Potenciômetros Multivoltas (10 Voltas)	R\$ 16,50	R\$ 33,00	Sim
2,00	Encoders	R\$ 12,00	R\$ 24,00	Sim
1,00	Fonte 5V	R\$ 25,00	R\$ 25,00	Não
1,00	Estrutura de Madeira	R\$ 120,00	R\$ 120,00	Não
2,00	Tesoura simples	R\$ 3,50	R\$ 7,00	Não
2,00	Pistolas (Impressão 3D)	R\$ 35,00	R\$ 70,00	Não
2,00	Rodinha para o movimento da Haste	R\$ 10,00	R\$ 20,00	Não
1,00	Componentes Impressos	R\$ 20,00	R\$ 20,00	Não
1,00	Arduino Mega	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Não
1,00	Cola	R\$ 5,00	R\$ 5,00	Não
1,00	Componentes para PCB	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Não
	Total Orçamentado	R\$ 374,00	Frete Total	R\$ 21,90
	Total Gasto	R\$ 147,90		

5. Conclusão

Levando-se em consideração a necessidade de treinamento dos residentes de medicina neste tipo de procedimento, é imprescindível o uso de simuladores de cirurgia laparoscópica na formação desses futuros médicos, entretanto, o alto custo envolvido nesses tipos de equipamentos que abrange hardware e software existentes no mercado, dificulta a aquisição destes produtos. Percebemos que a construção de um simulador de cirurgia laparoscópica de baixo custo, traz ao mercado uma opção intermediária e mais tangível, por se tratar de um produto fabricado com equipamentos nacionais e totalmente comercializados no país.

6. Referências

SZEGÖ, T. A Inovação da Cirurgia Laparoscópica
<<http://www.scbm.org.br/wordpress/a-inovacao-da-cirurgia-laparoscopi>> Acesso em 28 de junho de 2017;

FERRAZ, E. D.; LACOMBE, D. Estado Atual da Cirurgia Híbrida Colo-Retal
<<http://www.sobracil.org.br/revista/rv010101/artigo05.htm>> Acesso em 28 de junho de 2017;

Manual Panda3D <<https://www.panda3d.org/>> Acesso em 28 de junho de 2017;