

Universidade de Brasília – UnB  
Faculdade UnB Gama – FGA  
Curso de Engenharia

# **IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE TELEMEDICINA PARA EXAMES DE ULTRASSOM À DISTÂNCIA**

Autor: Turma E de PI1 do 2/2017  
Orientador: Mariana C. Bernardes Matias

Gama, DF  
2017



Turma E de PI1 do 2/2017

# **IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE TELEMEDICINA PARA EXAMES DE ULTRASSOM À DISTÂNCIA: PONTO DE CONTROLE 1**

Ponto de Controle 1 submetido como requisito parcial de avaliação da disciplina Projeto Integrador 1 para o Curso de Engenharia.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Mariana C. Bernardes Matias

Coorientador: Ricardo Ajax; Juliana Petrocchi Rodrigues; Arthur Bertoldi e Fábio Lisboa.

Gama, DF

2017

Turma E de PI1 do 2/2017

## **IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE TELEMEDICINA PARA EXAMES DE ULTRASSOM À DISTÂNCIA**

Ponto de Controle 1 submetido como requisito parcial de avaliação da disciplina Projeto Integrador 1 para o Curso de Engenharia.

Trabalho aprovado. Gama, DF, 20 de setembro de 2017

---

**Mariana C. Bernardes Matias**  
Orientador

---

**Ricardo Ajax**  
Co-Orientador

---

**Juliana Petrocchi Rodrigues**  
Co-Orientador

---

**Arthur Bertoldi**  
Co-Orientador

---

**Fábio Lisboa**  
Co-Orientador

Gama, DF  
2017

## **Integrantes**

*(Nome/Matricula)*

### **Gerentes:**

Gerente geral: Débora Janini Campos Guedes	(15/0008619)
Gerente de Aeroespacial e Automotiva: Marcos Paulo M. Costa	(15/0139225)
Gerente de Eletrônica: Tiago Rodrigues Pereira	(16/0072620)
Gerente de Energia: Vinícius Alves da Silva	(14/0033041)

### **Demais integrantes:**

Amanda Vieira Pires	(15/0004796)
Anderson Sales Pinto	(15/0117418)
Bruno Alves Ferreira Camargos	(15/0120117)
Bruno Mota de Souza	(14/0058745)
Caio Azevedo de Almeida	(16/0046211)
Davi Alves Bezerra	(15/0122837)
Felipe Osório de Oliveira	(14/0138676)
Fernanda Jesus de Souza Alves	(14/0019961)
Filipe de Souza Freitas	(14/0020161)
Guilherme dos Santos Ribeiro Sant'Ana	(14/0142193)
Haroldo Júnio dos Santos	(14/0041516)
Hugo da Silva de Freitas Catarino	(12/0060591)
Gustavo Henrique Yabuki Dubas	(15/0139403)
Igor Flávio de Moraes Lima	(15/0129939)
Jonatas Ribeiro Mangabeiro	(14/0169113)
Lucas Regis da M. S.	(15/0137443)
Luis Felipe Vieira Lahar	(15/0016263)
Marcos Vinicius Lima Raimundo	(15/0016956)
Margreicy Luise Marinho de Sousa	(15/0139403)
Matheus Carvalho de Sousa Dias	(13/0126284)

Mathews Leles Ferreira Santos	(14/0047948)
Max Henrique Barbosa	(16/0047013)
Pedro Henrique Brito Checchia	(15/0044488)
Pedro Lucas Pinheiro de Souza	(13/0035581)
Roberto Martins de Nóbrega	(14/0065547)
Victor Correia de Moura	(15/0150792)
Vinicius Zschitschick de Oliveira	(14/0052828)
Vitor Carvalho de Almeida	(14/0165380)
Vitor Falcão Costa	(15/0151624)
Vitor Rangel de Aquino Silva	(17/0064107)
Wagner Clemente Coelho Batalha	(15/0023740)

# Resumo

Este primeiro ponto de controle traz uma introdução teórica a respeito do aparelho de ultrassom para qual fim ele é utilizado e os motivos e as utilidades de realizar esse exame de forma controlada a distância. Ele traz também a ideia inicial de como esse projeto pode ser implementado, traçando os requisitos necessários, a metodologia de trabalho da equipe, mostrando a integração entre as cinco engenharias presentes no projeto, as ferramentas de trabalho e comunicação do grupo, um macro cronograma das etapas do projeto até a sua conclusão, referências de dados coletados como ajuda inicial, o escopo do projeto (EAP) e por fim a solução visualizada pela equipe para o projeto proposto.

**Palavras-chaves:** projeto. ferramentas. cronograma e escopo.

# Abstract

This first control point brings a theoretical introduction about ultrasound device, for what purpose it is used and the motives and utilities in a controlled manner at distance. It also provides an initial idea of how this project can be implemented, outlining the necessary requirements, a teamwork methodology, showing an integration among the five engineering present in project, such as the group's work and communication tools, a macro project's schedule to conclusion, data references collected as initial help, project scope (EAP), and finally the solution viewed by the team for the proposed project.

**Key-words:** project. tools. steps and scope.

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>1.1</b>	<b>ASPECTOS GERAIS</b>	<b>8</b>
<b>1.2</b>	<b>APARELHOS DE ULTRASONOGRAFIA</b>	<b>8</b>
<b>1.3</b>	<b>RAZÃO DO PROJETO</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>INTEGRAÇÃO ENTRE AS ENGENHARIAS DA FACULDADE DO GAMA – UnB</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>FERRAMENTAS DE TRABALHO E COMUNICAÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>METODOLOGIA DE TRABALHO</b>	<b>10</b>
2.3.1	METODOLOGIA GERAL	10
2.3.2	METODOLOGIA DE CADA ÀREA	10
<b>2.4</b>	<b>REQUISITOS</b>	<b>11</b>
2.4.1	REQUISITOS GERAIS	11
2.4.2	REQUISITOS ESPECÍFICOS	11
2.4.3	REQUISITOS PRÁTICOS DO PROTÓTIPO	13
<b>2.5</b>	<b>ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO (EAP)</b>	<b>13</b>
<b>2.6</b>	<b>MACRO CRONOGRAMA DO PROJETO</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>16</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>17</b>



# 1 Introdução

## 1.1 ASPECTOS GERAIS

O ultrassom é um som que possui uma frequência superior à que os humanos são capazes de ouvir. Os aparelho que utilizam o ultrassom são capazes de gerar de 20 kHz a giga-hertz, no caso deste estudo o aparelho em foco é o de ultrassonografia ou ecografia. A ultrassonografia é um aparelho de diagnóstico médico que usa o eco de ondas ultrassônicas de alta frequência para visualizar o corpo internamente em tempo real. O diagnóstico que ele oferece é feito por imagens, entretanto essas imagens não são de grande qualidade quando comparadas a de outros aparelhos de diagnóstico, mas a sua grande vantagem é o preço, que é bem mais acessível e também é de rápida execução e não necessita de muito espaço. Essas característica são de extrema importância para o projeto.

## 1.2 APARELHOS DE ULTRASONOGRAFIA

Existem diversos tipos de aparelhos de ultrassonografia de diversos tamanhos e para diversos fins, mas basicamente eles são formados pelo computador que mostra a imagem e os transdutores. Há diversos tipos de transdutores, o uso de um tipo específico depende de qual local do corpo vai ser examinado, entre esses tipos estão: transdutores curvos, lineares, endocavitários, setoriais, especiais, etc.

## 1.3 RAZÃO DO PROJETO

Há um grande número de diagnósticos que podem ser feitos através de exame de ultrassom, entretanto para esse exame é necessário pessoal especializado para realizá-lo no paciente, mas que não estão muito presentes fora de grandes centros urbanos, por esse fato surgiu a ideia do projeto, que quer levar esse exame para locais fora dos grandes centros a fim de atender a população que necessita desse exame, mas que não consegue acesso, pois não possui um profissional capaz de manusear o aparelho. Dessa forma, o projeto é encontrar uma maneira, através da telemedicina, capaz de fazer com que o profissional não necessite estar presente na sala com o paciente, mas que possa controlar o exame à distância. Para isso, foi pensado um braço mecânico capaz de segurar o transdutor do aparelho de ecografia e realizar os movimentos desejados pelo profissional, que irá controlar esse braço por meio de uma unidade de medição inercial, assim não há a necessidade da presença dele no mesmo local que o paciente.

## 2 Desenvolvimento

### 2.1 INTEGRAÇÃO ENTRE AS ENGENHARIAS DA FACULDADE DO GAMA – UnB

Para a realização deste projeto é necessária uma conversa entre as cinco engenharias presentes na Faculdade do Gama da Universidade de Brasília, sendo elas: engenharia aeroespacial, engenharia automotiva, engenharia de energia, engenharia de software e engenharia eletrônica.

A equipe foi separada por cursos, sendo que a área de automotiva e aeroespacial foram unidas por falta de pessoal das áreas para fazer equipes separadas. Essa primeira equipe ficou responsável pelo projeto mecânico e análise estrutural, pelos materiais, pelo acionamento do braço mecânico, pelos sensores, pelos desenhos das peças, pelo monitoramento, pelo projeto de fabricação e pelo controle do transdutor. A equipe de energia ficou responsável por encontrar as melhores fontes energéticas para o projeto, pelos materiais também, pela autonomia e consumo do aparelho e obviamente, a eficiência energética dele.

Já a equipe de software ficou responsável pela modelagem de requisitos gerais do projeto, pelo software embarcado, pela interface de usuário e pela comunicação crítica dos aparelhos em tempo real. E a equipe de eletrônica ficou responsável também pelo acionamento do aparelho, pelos sensores, pelo processamento de sinais, pela eletrônica embarcada, pelo software embarcado também e controle do transdutor juntamente com a equipe de aeroespacial e automotiva.

A conversa entre todas essas engenharias é de extrema importância, pois elas precisam estar andando juntas para que o projeto possa ser concluído e entregue sem falhas, e para isso testes serão necessários de todas as áreas, para que cada função ocorra como determinado.

### 2.2 FERRAMENTAS DE TRABALHO E COMUNICAÇÃO

- Comunicação da equipe geral e subequipes: SLACK e WHATSAPP
- Ferramenta KANBAM: TRELLO
- Ferramenta de repositório: GITHUB
- Ferramenta de edição de texto do modelo Latex: TEXMAKER

- Ferramenta CAD: CATIA V5R19

## 2.3 METODOLOGIA DE TRABALHO

### 2.3.1 METODOLOGIA GERAL

A metodologia geral de trabalho de toda equipe ficou decidida como sendo reuniões dos gerentes de cada área com suas respectivas subequipes a fim de buscar ideias gerais, que depois seriam passadas para todos os gerentes para poderem filtrar as ideias e verem quais ideias conversavam melhor entre si para que fossem discutidas a melhor forma de usá-las no projeto e, dessa forma, os gerentes de cada área passarem as atividades a serem feitas para sua equipe.

Como ferramenta kanban para a distribuição de atividades foi escolhido o trello, aonde as atividades foram distribuídas para cada um em forma de Sprint, os documentos gerados no trabalho foram para o repositório da turma no Github, e para a comunicação mais formal, direta e recebimentos das atividades do trello foi escolhido o slack e a comunicação mais informal foi o whatsapp, utilizado principalmente para dúvidas rápidas para não tirar o foco da comunicação do slack.

### 2.3.2 METODOLOGIA DE CADA ÀREA

A metodologia de trabalho da área de automotiva e aeroespacial foi determinada entre os membros dessa subequipe do projeto como sendo a divisão em dois grupos, o primeiro responsável pelo desenvolvimento do desenho do braço mecânico na ferramenta CAD e o segundo grupo ficou responsável pela análise e escolha dos materiais que irão compor o braço.

A subequipe de engenharia de energia do projeto, como conta com quatro membros, ficou definido como metodologia de trabalho entre os membros que cada um ficaria responsável por uma atividade, sendo elas: definição das fontes de energia, definição da autonomia e consumo, definição da eficiência energética e definição dos materiais.

A equipe de engenharia de software utilizou como metodologia, para definir os requisitos, a técnica de Brainstorming e buscou alinhar os requisitos levantados com os definidos pelas outras áreas e atuação do projeto. Após a definição dos requisitos a equipe foi dividida em duplas para buscar diferentes tecnologias que viabilizassem os requisitos definidos e por fim discutir a melhor solução.

A equipe de engenharia eletrônica decidiu trabalhar dividindo os membros da sua subequipe em quatro grupos. O primeiro grupo ficou responsável pelo módulo controlador e os sinais emitidos por ele; o segundo grupo ficou responsável pelo módulo de transmissão e recebimento de dados de movimento e imagem; o terceiro ficou responsável pelo módulo

de acoplamento do transdutor selecionado ao braço mecânico e o quarto grupo responsável pelo módulo eletrônico para o braço mecânico.

## 2.4 REQUISITOS

### 2.4.1 REQUISITOS GERAIS

- Braço mecânico leve e transportável;
- Unidade de medição inercial para fácil manuseamento pelo profissional;
- Uma fonte energética primária para o braço e outra secundária para segurança do paciente;
- Boa rede de comunicação entre a unidade de medição inercial e braço para evitar grandes delays, utilizando captura de movimentos;
- Transferência dos dados de movimento do braço mecânico e de imagens do sistema de ultrassom com baixa latência e alta qualidade;
- Movimentação do braço feitas por um controlador central;
- Aparelho de ultrassonografia;
- Liberdade de movimentação do braço.

### 2.4.2 REQUISITOS ESPECÍFICOS

- Unidade de medição inercial confortável e de bom controle do braço mecânico;
- Sensor óptico de distância para melhorar a exatidão dos movimentos do braço mecânico;
- Suporte a internet cabeada de par trançado e, se disponível, fibra óptica;
- Definição do sistema de ultrassom mais compatível com o projeto final e utilizado nos exames médicos mais frequentes;
- Transferência das imagens geradas pelo sistema ultrassônico utilizando internet;
- Duas janelas de transmissão de vídeo, uma correspondente ao ambiente do paciente e a outra correspondente a imagem gerada pela máquina de ultrassom;
- Transmissão de vídeo realizada utilizando o Red5 server;
- Servomotores para movimentação do braço;

- Projeto e desenho técnico do braço em CAD;
- Liberdade de movimentação do braço mecânico em translação e rotação;
- Material do braço leve e que ofereça transportabilidade – alumínio;
- Análise estrutural do projeto por meio de softwares específicos (ex: Ansys e Catia V5R19);
- Análise normativa e de segurança do braço mecânico;
- API para lidar com requisições HTTP e autenticação utilizando o framework Django REST;
- Interface de sistema utilizando o framework Vue.js consumindo os dados da API;
- Cadastro de médicos e unidades de ultrassom;
- Geração de laudos online;
- Servidor configurado utilizando o NGINX;
- Sistema de Load Balancing para evitar atraso no processamento e fazer o tratamento de falhas;
- Usuários autenticados antes da utilização;
- Laudos gerados serão transmitidos a unidade de ultrassom criptografados de ponta-a-ponta, onde somente os usuários envolvidos terão acesso ao laudo.
- Fonte primária de energia para o braço mecânico é alimentação pela tomada;
- Fonte secundária do braço mecânico é uma bateria ligada a um sistema de placa fotovoltaica;
- Fonte principal da unidade de medição inercial é a alimentação por tomada;
- Fonte secundária da unidade de medição inercial é uma bateria;
- A bateria de lítio para braço mecânico recarregável, visando algo mais ecológico;
- Bateria para supressão secundária para a unidade de medição inercial.

### 2.4.3 REQUISITOS PRÁTICOS DO PROTÓTIPO

- Altura aproximada do braço do protótipo de 30 centímetros;
- Servomototres para movimentação do braço do protótipo;
- Unicidade de medição inercial com acelerômetro e giroscópio integrados que seja compatível coma plataforma Arduino (sensor MPU-6050);
- Programação do módulo controlador e servomotores para a plataforma Arduino;
- Materiais de impressão 3D (ABS – acrilonitrila butadieno estireno e PETG – poli-tereftalato de etileno glicol) para confecção do protótipo;
- Impressora 3D;
- Desenvolvimento dos softwares para o arduino;
- Webcam segura pelo braço;
- Processamento e envio da imagem da webcam;
- Bateria para o braço mecânico;
- Dois computadores.

## 2.5 ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO (EAP)

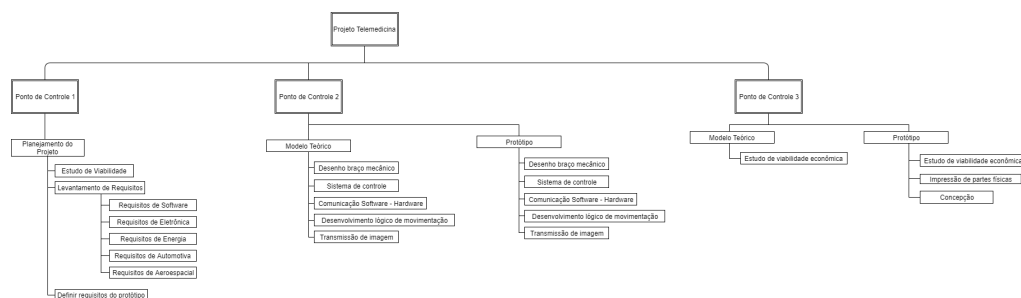


Figura 1 – Estrutura analítica do projeto

Para melhor visualização, a figura 1 foi cortada e apresentada a seguir:

## 2.6 MACRO CRONOGRAMA DO PROJETO

### Ponto de Controle 1)

- Escolha das ferramentas de trabalho

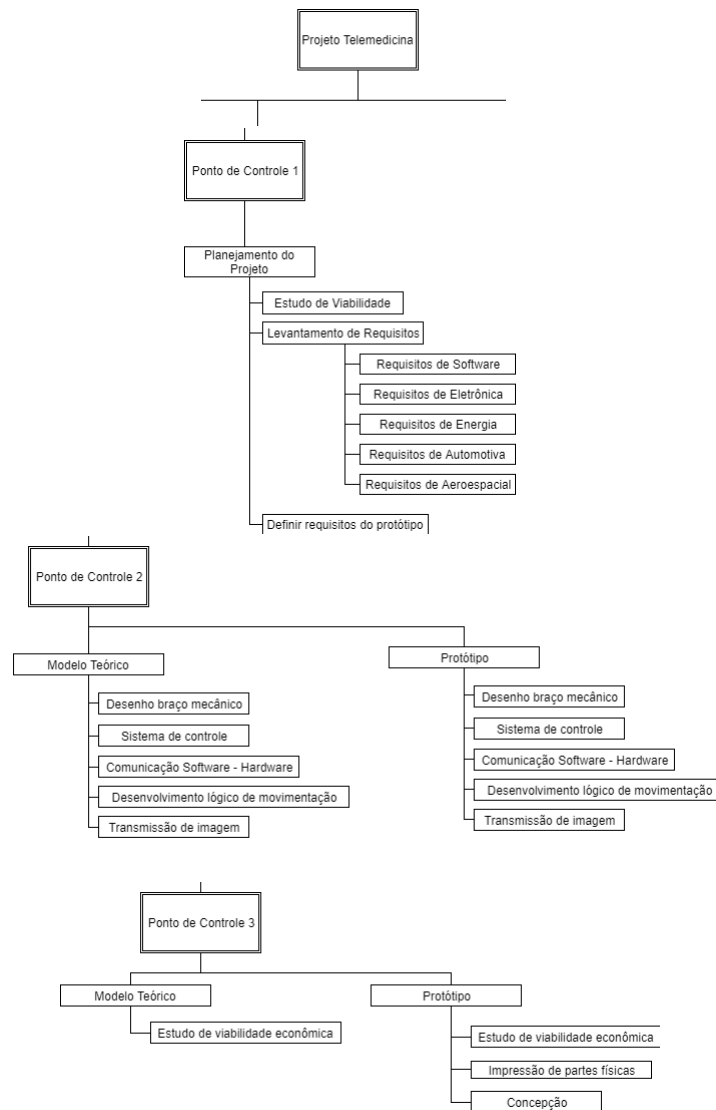


Figura 2 – Estrutura analítica do projeto repartida

- Escolhas da metodologia de trabalho
- Ideia do projeto definida
- Definição do protótipo
- Traçar os requisitos gerais, específico e do protótipo
- EAP
- Macro cronograma

## Ponto de Controle 2)

- Desenhos do braço mecânico teórico e do protótipo

- Desenhos ou Escolha da unidade de medição inercial ideal teórico e do protótipo
- Determinação da comunicação software-eletrônica teórica e do protótipo
- Desenhos de circuitos analógicos e digitais necessários teóricos e do protótipo
- Desenvolvimento lógico de softwares para a movimentação teórica e do protótipo
- Desenvolvimento do envio e recepção da imagem teórico e do protótipo
- TESTES

### Ponto de Controle 3)

- Impressão do protótipo
- Viabilidade econômica do produto teórico e do protótipo
- Explicar as diferenças
- Encerramento do Produto

*Observação:* O macro cronograma pode sofrer alteração com o andamento do projeto durante o semestre.



### 3 Conclusão

O projeto designado a turma foi de implementação de sistema de telemedicina para exames de ultrassom a distância. A solução encontrada pela equipe foi em um braço mecânico controlado a distância por um profissional. O controle se daria por uma unidade de medição inercial (chip com acelerômetro e giroscópio integrado), enquanto o braço mecânico, que seguraria o transdutor do aparelho de ultrassom, obedeceria os comandos que o profissional enviar pela unidade de medição inercial. Para esse fim, é necessário uma boa comunicação entre a unidade de medição inercial e o braço e também garantir a segurança do paciente, pensando nesse fato que os requisitos traçados acima foram definidos.

Já para a construção do protótipo, não haverá um aparelho de ultrassom, pois é um aparelho razoavelmente caro que não bate com o orçamento da equipe, então para mostrar o funcionamento do braço foi pensado em por uma webcam. O braço será controlado por uma unidade de medição inercial (MPU-6050) ligado ao Arduino, será impresso em material 3D e terá aproximadamente 30 cm de altura. Para a movimentação do braço mecânico serão utilizados servomotores com capacidade suficiente, à definir, para movimentação do braço e ligados ao Arduino.

# Referências

- ABESCO. *O que é Eficiência Energética? (EE)*. 2015. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acessado em: 12/09/2017. Nenhuma citação no texto.
- ANEEL. *Programa de Eficiência Energética*. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>>. Acessado em: 12/09/2017. Nenhuma citação no texto.
- CHRISTIE, T. *Django REST Framework*. Disponível em: <<http://www.django-rest-framework.org/>>. Nenhuma citação no texto.
- DARGAN, R. S. *Telerobotic Ultrasound May Revolutionize Telemedicine*. 2015. [Http://www.rsna.org/News.aspx?id=17929/](http://www.rsna.org/News.aspx?id=17929/). Nenhuma citação no texto.
- FANUC. *Servo Motor*. [S.l.], 1998. Nenhuma citação no texto.
- FITZGERALD A. E.; KINGSLEY JR., C. A. *Maquinas elétricas*. São Paulo: McGraw-Hill, 1975–1978. Nenhuma citação no texto.
- INMETRO. *Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia*. Rio de Janeiro, Brasil, 2013. 75 p. Nenhuma citação no texto.
- MATHIASSEN, K. et al. An ultrasound robotic system using the commercial robot UR5. *Frontiers in Robotics and AI*, v. 3, n. 1, 2016. ISSN 2296-9144. Nenhuma citação no texto.
- MORETO, M. Controle de servomotor. 2007. Nenhuma citação no texto.
- NUNES, L. F. de O. M. *Projeto e fabricação de um braço mecânico para ultrassom médico*. Dissertação (Projeto de graduação) — UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA, Rio de Janeiro, Brasil, 2015. Nenhuma citação no texto.
- PHILIPS. *CX50 xMATRIX Ultrassom Portátil*. Disponível em: <<https://www.philips.com.br/healthcare/product/HC795076/sistema-de-ultrassom-compactxtreme-cx50.html>>. Acessado em: 10/09/2017. Nenhuma citação no texto.
- PIERROT, F. et al. Hippocrate: A safe robot arm for medical applications with force feedback. *Medical image analysis*, Elsevier, v. 3, n. 3, p. 285–300, 1999. Nenhuma citação no texto.
- SANTOS MARÍLIA C. BATISTA, S. A. P. L. S. R. T. S. *Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais*. [S.l.], 2015. Nenhuma citação no texto.
- SOLAR, P. *TIPOS DE PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO*. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acessado em: 12/09/2017. Nenhuma citação no texto.