

PROJETO DE DISPOSITIVO ERGONÔMICO PARA USO EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA DE JOELHO

ERGONOMIC DEVICE DESIGN FOR USE IN MAGNETIC RESONANCE KNEE

Charles Leonardo Israel¹, Teofanes Foresti¹

¹ Universidade de Passo Fundo – Faculdade de Engenharia e Arquitetura. Endereço: Rodovia BR 285, km 171. Bairro São José. Passo Fundo. Rio Grande do Sul. Brasil. CEP 99052-900.

RESUMO

Entende-se por dispositivo, um aparelho que tem como função auxiliar na avaliação dos procedimentos adotados na realização de exames aos pacientes, colaborando para a melhoria dos diagnósticos gerados. O estudo objetivou o desenvolvimento de um protótipo de dispositivo médico para auxiliar na visualização de possíveis lesões durante a realização do exame de Ressonância Magnética do Joelho, contribuindo para a melhoria do diagnóstico. Avaliou-se através de um experimento os benefícios trazidos pela concepção do dispositivo em relação a sua utilização, e a melhoria ocasionada na visualização do diagnóstico de lesões acometidas pelo joelho. O projeto do dispositivo mostrou-se eficiente na sua aplicação, e os resultados permitiram uma visualização precisa do diagnóstico nas imagens, além de ganho de tempo na realização do exame de Ressonância Magnética.

Palavras-chave: dispositivo, ressonância magnética, joelho.

ABSTRACT

It is understood by device, a device whose function is to assist in the evaluation of the procedures adopted in the exams to patients by working to improve the generated diagnostics. The study aimed to develop a medical device prototype to aid in the visualization of possible injuries during the exam Magnetic Resonance Knee, contributing to the improvement of diagnosis. It was evaluated through an experiment the benefits brought by the device's design in relation to its use, and the improvement brought about in viewing diagnostic affected by knee injuries. The device design proved to be efficient in its application, and the results allowed an accurate view of the diagnosis on the images, and gain time in carrying out the MRI exam.

Keywords: device, MRI, knee.

1 INTRODUÇÃO

Equipamentos, aparelhos, ferramentas, dispositivos e ou instrumentos auxiliares podem caracterizar-se por todos os objetos encontrados na interface física do homem com o meio ambiente construído, especialmente naqueles casos em que ocorre a ação de uso direto em uma determinada atividade. A origem deste estudo foi sustentada pela demanda percebida no mercado de aparelhos direcionados a área médica, mais especificadamente aqueles cuja necessidade de reflexão sobre a qualidade e segurança de produtos e dispositivos médicos incide no que se refere usabilidade em relação aos seus usuários e ou pacientes (IIDA, 2005).

Perante as vastas possibilidades de intervenção que a engenharia, a ergonomia e o design através da multidisciplinariedade proporcionam no desenvolvimento de um produto, o presente estudo tem como meta o desenvolvimento de um dispositivo articulado que auxilie na avaliação dos resultados clínicos de pacientes com lesões ligamentares de joelho submetidos ao exame de Ressonância Magnética.

As lesões do joelho, mais especificadamente a ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA) é uma das lesões ligamentares mais comum e ao mesmo tempo mais severa que incide sob o joelho. O

rompimento desta importante estrutura ligamentar do joelho provoca uma instabilidade funcional podendo resultar em distúrbios articulares degenerativos (MARTINS, 2012).

O benefício da concepção do dispositivo está na mensuração de melhoria de diagnóstico obtido através de imagens que são geradas durante a RM e que possibilitam ao médico uma análise mais precisa destas lesões, identificando assim avanços nos processos pré e pós-operatórios de joelho.

O protótipo conceitual será executado posterior o seu planejamento e desenvolvimento metodológico, o procedimento para confecção do protótipo será realizado através do processo da usinagem do material e posteriormente finalizado com técnicas e ferramentas manuais.

A importância e a relevância deste estudo se justifica pela necessidade percebida de desenvolver um dispositivo universal e seguro, que traga ao médico um diagnóstico mais preciso durante a realização do exame de ressonância magnética, possibilitando identificar a gravidade das lesões acometidas no joelho. As principais vantagens e benefícios oriundos deste estudo estão relacionados a melhorias nos diagnósticos dos pacientes, e também na possibilidade futura de desenvolver novos dispositivos para outras aplicações dentro da área médica que auxiliem e contribuam para as funções no qual forem designados seus estudos e projetos.

Por fim, pretende-se através da realização de um experimento *in loco*, constatar os benefícios e melhorias trazidos pela utilização deste dispositivo aos seus usuários e pacientes, quando estes estiverem submetidos ao exame de Ressonância Magnética.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo se fez necessária uma revisão geral e conceitual de alguns dos principais métodos projetuais empregados tanto na engenharia como no design industrial a fim de compreender e identificar de que forma cada autor trabalha as informações em suas metodologias, sob qual segmento a metodologia está direcionada, além de uma revisão pontual sobre as lesões acometidas pelo joelho e o estudo da anatomia para melhor compreensão do problema. A escolha do Polietileno como material base para confecção ocorreu fundamentado nas diretrizes assistenciais em ressonância magnética, que determinam e orientam na escolha de materiais que não tragam riscos aos usuários durante sua utilização junto a Ressonância Magnética, a exemplo de materiais ou componentes metálicos ou condutores de energia que não poderiam ser utilizados.

O método projetual para desenvolvimento do projeto bem como as ferramentas para criação e confecção do dispositivo estão apresentadas na Figura 1. O escopo do projeto foi dividido da seguinte maneira: Em cinco etapas principais responsáveis pelo desdobramento do projeto, com suas respectivas ferramentas em cada fase.

A primeira etapa do projeto compreende o planejamento do produto, bem como as ferramentas para que se possa entender a necessidade e os requisitos que o dispositivo precisa atender. Também buscou-se realizar uma análise dos produtos similares que é uma importante ferramenta para avaliar os aparelhos disponíveis no mercado em relação a sua estrutura formal e de concepção, pois entende-se que estas são variáveis importantes a serem analisadas.

A segunda etapa se resume no projeto conceitual do produto, onde são geradas alternativas para o desenvolvimento do dispositivo, a geração de alternativas está baseada em técnicas de criatividade que culminam na escolha da melhor alternativa para a concepção do dispositivo.

A terceira etapa corresponde ao projeto de configuração, onde informações já levantadas até o momento, incluindo os requisitos de produto fazem parte de uma matriz de seleção onde também se avalia parâmetros ergonômicos e antropométricos, e também são definidas prioridades do produto em si. Esta fase é muito importante, pois definimos características formais e funcionais do dispositivo.



Figura 1: Escopo do processo de desenvolvimento do dispositivo.

A quarta etapa do projeto detalhado é a fase em que é especificado de forma técnica e objetiva o dispositivo para posteriormente dar início a sua confecção, portanto todas as informações pertinentes em relação a sua estrutura física, número de componentes, desenho técnico, são fatores importantes a serem considerados.

Por fim, na quinta etapa está descrito o processo de fabricação a ser utilizado para confecção do protótipo e posteriormente uma análise experimental de uso. Após concluído o protótipo conceitual do dispositivo, deu-se início então a fase de experimento para validação do aparelho etapa muito importante para verificar o desempenho esperado em relação a utilização e desempenho do produto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a elaboração do planejamento, da identificação da oportunidade e do levantamento de requisitos considerados importantes para o projeto, inicia-se o desenvolvimento conceitual do produto, baseado no escopo da metodologia projetual apresentada anteriormente. A Figura 2 apresenta o resultado do processo de criação do dispositivo.

Em relação aos aspectos ergonômicos de projeto foram contemplados requisitos de conforto e usabilidade através de adequações antropométricas, que representa a possibilidade de regulação e ajuste do apoio do pé, de modo que este seja extensível permitindo que o dispositivo possa ser utilizado em diferentes biótipos físicos, e utilizado em ambos os membros inferiores, esquerdo e direito.

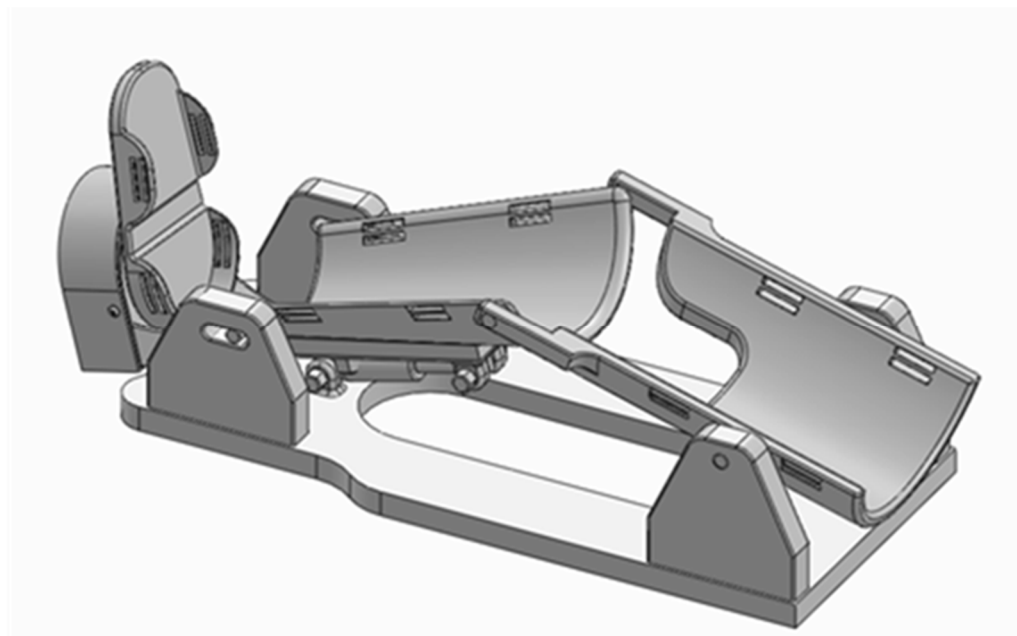
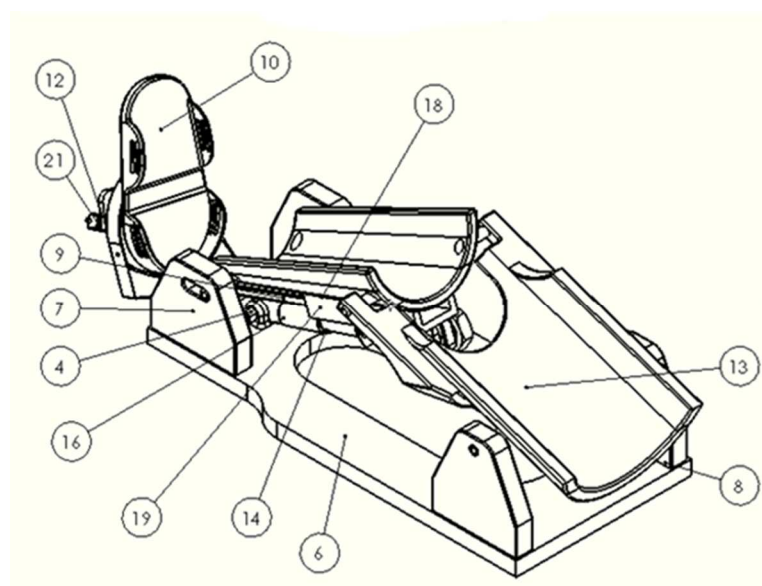


Figura 2: Resultado da criação do dispositivo.



Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	QTD.
4	Parafuso Fixação Cilindro Maior	2
5	Parafuso Fixação Regulagem Perna	1
6	Base_conjunto	1
7	Torre Furo Oblongo	2
8	Torre Furo normal	2
9	suporte_calcanhar	1
10	base_pe	1
12	Articulador Pistão Pé	1
13	Suporte Coxa MOD	1
14	Seringa	1
16	Suporte Seringa	1
18	suporte_panturrilhaMOD	1
19	Suporte Pistão	1
21	Encaixe_pe	1

Figura 3: Componentes do dispositivo.

O critério de segurança está relacionado ao uso de um material não condutor de energia, e sem riscos físicos aos usuários configurando um projeto de dispositivo concebido dentro dos padrões de segurança em Ressonância Magnética.

A Figura 3 mostra a descrição dos demais materiais e componentes que fazem parte da estrutura do dispositivo.

O processo de fabricação do protótipo se deu através do uso de uma fresa CNC, Para a confecção do dispositivo também foram utilizadas chapas de polietileno com espessura de 30mm e tamanho de 1,20x3,0m. As peças foram usinadas uma a uma de forma isolada para posterior montagem conforme Figura 4.

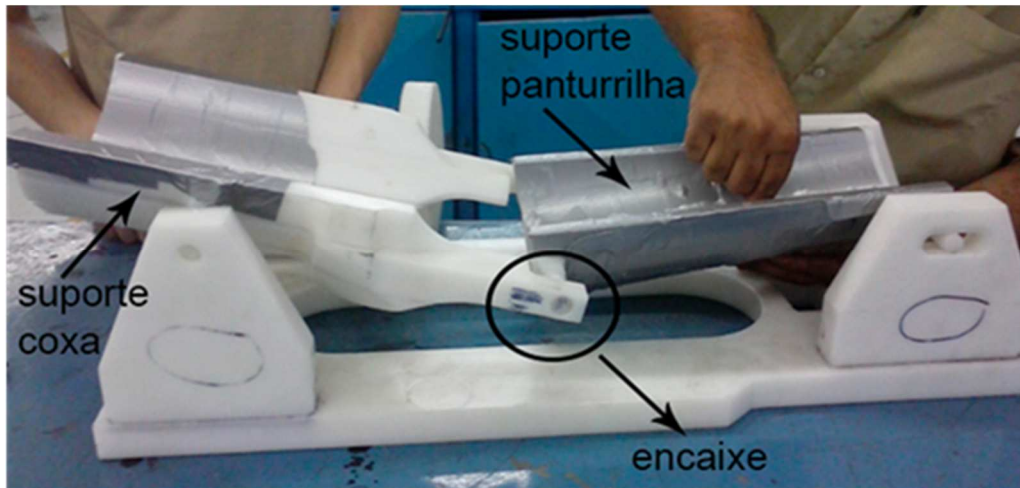


Figura 4: Montagem do dispositivo.

O funcionamento do dispositivo é simples, dois pistões serão responsáveis pelos movimentos de rotação do pé, e o outro pelo movimento de flexão-extensão da perna. Os pistões serão confeccionados do mesmo material do dispositivo, uma vez que não se permite o uso de qualquer material metálico. Os parafusos para fixação também precisaram ser usinados em polietileno, uma vez que não se pode utilizar material metálico ou condutor no projeto,

O sistema dos pistões pneumáticos responsáveis pela articulação e movimento do dispositivo também precisou ser usinado, o pistão foi usinado a partir de duas seringas de 60ml das quais foi retirado o sistema de punção e aproveitado seu embolo interno bem como o corpo da seringa conforme imagem do projeto representada na Figura 5.

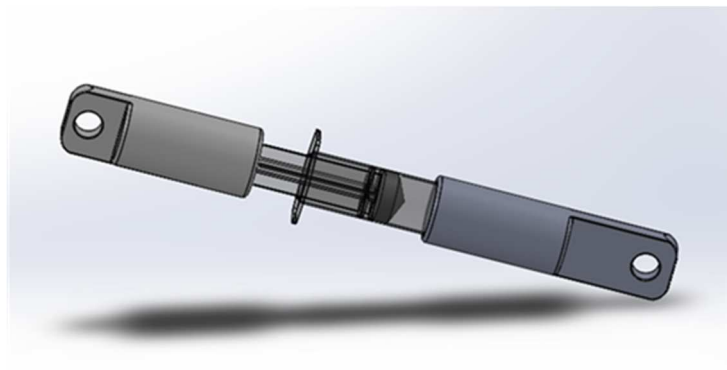


Figura 5: Projeto dos pistões.

Ao final do processo de fabricação, obtivemos o protótipo para dar sequência a etapa de experimento e validação. A Figura 6 mostra o protótipo executado envolto em uma fita a base de fibra de tecido para garantir que as peças se mantivessem unidas, além de finalizar o acabamento superficial de contato com o paciente, evitando eventuais desconfortos ocasionados pelas rebarbas e o acabamento variado da superfície como um todo.



Figura 6: Protótipo Final Montado.

Após concluído o protótipo conceitual do dispositivo, deu-se início então a fase de experimento para validação do aparelho etapa muito importante para verificar o desempenho esperado em relação a utilização do produto.

A finalidade deste experimento foi testar a articulação do dispositivo com o intuito de tracionar a tíbia anteriormente no fêmur do joelho evidenciando possíveis lesões ligamentares quando estas estiverem ocorrendo. Também é possível através deste experimento avaliar condições de uso e no que se refere a manipulação do aparelho e as características formais e ou ainda estruturais do mesmo.

O Método experimental utilizado é definido como método de causa e efeito. Causa quando o dispositivo traciona a tíbia anteriormente, e efeito quando ocorre a tensão do ligamento cruzado anterior.

As hipóteses acreditadas é de que o dispositivo tracione a tíbia anteriormente em relação ao fêmur e que o mesmo tencione o ligamento cruzado anterior quando acionado.

Para visualizar esta aplicação do método utilizou-se a geração de imagens da RM que possibilita a cada seção programada visualizar este movimento de compressão sob o joelho. A imagem da Figura 7 representa o joelho sob o aparelho sem a ação da movimentação pela articulação, observasse na imagem o joelho em posição estática e com os ligamentos paralelos não tencionados.

O método de visualização através das imagens geradas pela RM é por visualização direta das fibras. Observamos visualização de boa imagem da ressonância magnética apesar de apresentar pequena granulação em suas imagens, mas que de forma geral não prejudica a imagem pela formação de artefatos.

Na sequência deu-se início a programação de nova seção de ressonância ao qual houve a articulação do dispositivo em relação ao joelho conforme ilustra a Figura 8. Neste momento é possível observar mesmo com a continuidade de granulações na imagem que houve um deslocamento da tíbia em relação ao fêmur e que o mesmo gerou uma tensão ligamentar no joelho.

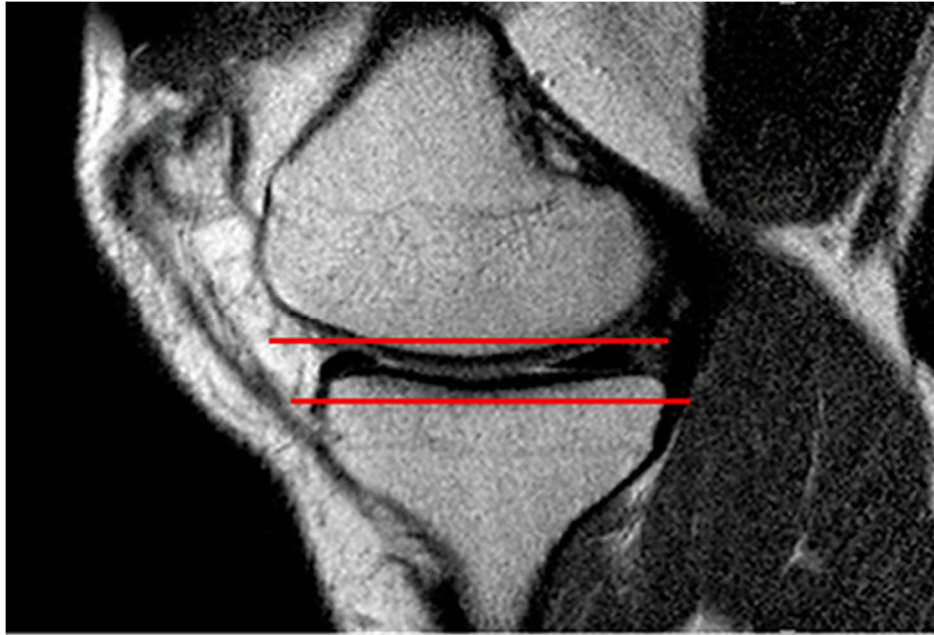


Figura 7: Imagem de RM sem articulação do dispositivo.



Figura 8: Imagem de RM com a articulação do dispositivo.

Ambas imagens apresentam a visualização dos ligamentos do joelho sob posicionamento do dispositivo e ação da articulação imposta pelo médico, observa-se que as imagens apresentam bons resultados em relação a visualização da RM.

Como se observou nas imagens logo acima o indivíduo que se submeteu ao teste não apresenta nenhuma lesão ou ruptura ligamentar do joelho, caso contrário o dispositivo evidenciaria esta perda de paralelismo das fibras cm facilidade ao ser articulado

Também foi possível evidenciar conforme representa a Figura 9 o alinhamento das fibras do cruzado anterior do joelho, por este motivo temos paralelismo das fibras. Poderíamos ter perda deste padrão de paralelismo, nodulações no caso de uma intraligamentar ou rupturas de uma das bandas do ligamento cruzado anterior, nesse caso o tensionamento através do dispositivo evidenciaria com facilidade.

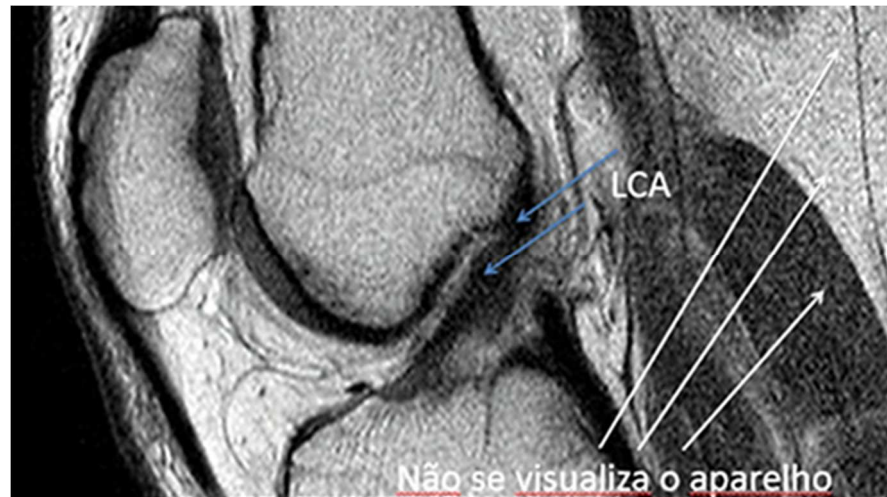


Figura 9: Imagem de RM evidenciando LCA sem interferência do dispositivo na imagem gerada.

Ao final após as imagens geradas pela Ressonância Magnética pode-se observar que o dispositivo não interferiu na imagem, ou seja contribuiu além da visualização para um melhor ajuste do joelho do paciente sem a necessidade de interromper a ressonância para movimentar ou deslocar o joelho.

4 CONCLUSÃO

O experimento realizado através do desenvolvimento do protótipo do dispositivo demonstrou sua eficiência na visualização das imagens geradas pela Ressonância Magnética, onde se observou com clareza os ligamentos cruzados anterior e posterior do joelho.

Além da melhoria em termos de diagnósticos foi possível a articulação do dispositivo através de acionamento manual realizado pelo médico no momento do exame, esta possibilidade permite uma variação em relação a posição e angulo do joelho capaz de proporcionar uma visualização ainda mais precisa em relação a outras lesões que eventualmente podem ocorrer, e que sem a ajuda do equipamento só poderiam ser vistas durante o processo cirúrgico.

O fato do dispositivo ser articulado não necessita interromper o exame de Ressonância para retirar o paciente da máquina e ajustar o posicionamento do joelho, neste caso o ajuste pode ser feito sem a necessidade de remoção do paciente.

Ao final do estudo finalizou-se ainda o fato de minimizar a necessidade de intervenções cirúrgicas devido a melhor visualização e diagnóstico das imagens geradas. Também se constatou a possibilidade futura de aplicações junto a exames de Ressonância Magnética para diferentes segmentos corpóreos.

5 REFERÊNCIAS

- AMERICAN ANDREWS, J.R.M.D.; HARRELSON, Gary L., WILK, P.T. Kevin E. Reabilitação Física das Lesões Desportivas. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- BACK, NELSON. ...[et al]. Projeto integrado de produtos: Planejamento, concepção e modelagem. Barueri, SP: Manole, 2008.
- BAXTER, MIKE. Projeto de produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- BAXTER, MIKE. Projetos de Produtos - Guia Prático Para o Design de Novos Produtos. Blucher- 3ª Ed. – 2011
- BOMFIM, G. A. Metodologia para desenvolvimento de projetos. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 1995.
- BORBA, E.M. Associação dos níveis de BNDF no comprometimento cognitivo leve e na doença de Alzheimer. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2012.
- CAILLIET, M. D., Rene. Dor no Joelho. Porto Alegre: Artmed, 2001
- CAMANHO GL, VIEGAS AC. Estudo Anatômico e Artoscópico do Ligamento Femoropatelar Medial. s.l. : Acta Ortop. Brás, 2010.
- CESAR ANTONIO DE QUADROS MARTINS, L. A. (2012). Reconstrução anatômica do ligamento cruzado anterior do joelho: banda dupla ou banda simples? *Revista Brasileira Ortopédica*, 197-203
- COELHO, LUIZ A. Percebendo o método. In: COUTO, Rita M. de Souza; OLIVEIRA, Alfredo J. (org.). Formas do Design. Rio de Janeiro: 2AB, PUC-Rio, 1999.
- COUTINHO, F. M., MELLO, I. L., & MARIA, L. C. (2003). Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 1-13.
- DUTTON, MARK. Fisioterapia ortopédica: exame, avaliação e intervenção. 2ed. Porto Alegre: Armand, 2010. Vol. 2.
- FATARELLI, I. F. C.; ALMEIDA, G. L. Estudo do Controle Motor e da Biomecânica na Lesão e Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior. Campinas, 2003
- HEBERT, S; XAVIER, R. Ortopedia e Traumatologia: Princípios e prática. 3 eds. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- HENRY DREYFUSS ASSOCIATE. As medidas do homem e da mulher. Porto Alegre: Bookman Editora, 2005.
- IIDA, I. Ergonomia: Projeto e Produção: 2ª edição revisada e ampliada. São Paulo: Edgard Biuscher, 2005.
- JUNIOR ALBERTO C, DEFINO L.H. Ortopedia e Traumatologia - Revista Ilustrada. 03, São Paulo : Atha, 2010, Vol. 1. 21767548.

- JUNIOR, A. F. B. Fundamentos de clínica e cirurgia de joelho: Guia de estudo para residente de ortopedia. São Paulo: Lemos editorial, 2008.
- MANFÉ, G et all. Desenho técnico mecânico: curso completo para as escolas técnicas e ciclo básico das faculdades de engenharia. São Paulo: Hemus, 2004.
- MARTINS, CESAR ANTONIO DE QUADROS. Cesar A. Q. Martins - cirurgia de joelho. Citado em: 8 de outubro de 2014. <http://www.cesarmartins.com.br/?area=curriculo>.
- MICHEO W, AMY E. Anterior cruciate ligament tear. In WR Frontera et al., eds., Essential of physical Medicine and rehabilitation: Musculoskeletal Disorders, Pain and Rehabilitation. Philadelphia : saunders Elsevier, 2nd ed 2010.
- MORALES, A. Contribución para um Modelo Cubano de Gestión Integrada de Recursos Humanos. Tesis (Doctorado em Ciências Técnicas) – Instituto Superior Politécnico, La Habana, 2006.
- MOZOTA, B. BORJA. Design e Inovação: coordenação por meio do design. In: _____. Gestão do design: usando o design para construir valor de marca e inovação corporativa. Trad. Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- MUNARI, BRUNO. Das coisas nascem coisas. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- NEUMANN, DONALD A. Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para reabilitação. [trad.] Renata Scavone de Oliveira et al. Rio de Janeiro : Elsevier Health Sciences, 2012.
- PAIVA, C. A., & NETO, L. F. (2004). Revisão sobre lesões do ligamento cruzado anterior do joelho durante o período gestacional. *Revista Brasileira de Ortopedia e Traumatologia*, 12.
- PAHL, G, et all. Projeto na Engenharia: Fundamentos do Desenvolvimento Eficaz de Produtos, Métodos e Aplicações. Editora: EdgardBlücher. São Paulo. 2005.
- PASCHOARELLI, LUIS CARLOS. Design ergonomico de instrumentos manuais: metodologias de desenvolvimento, avaliação e análise do produto. São Paulo: Blucher, 2011.
- PAULA, JEFFERSON de O Análise do processo de desenvolvimento de produtos: um estudo de caso em uma empresa do setor de autopeças. Dissertação de Mestrado, Universidade de Itajubá (MG) : [s.n.], 2011.
- REIMBERG; LEMOS; CARVALHO. Radiologia. São Paulo. Disponível em: <http://www.playmagem.com.br/radiologia/.pdf/>> Acesso em: 11 de agosto. 2014.
- ROMEIRO FILHO, E. et all. Projeto do Produto. Rio de Janeiro, Elsevier, 2010.
- SMITH, W.F., HSHEMI, J. Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais, Bookman, Brasil, 2010.