



SmartLeg – Protótipo de Prótese Transfemoral Inteligente VII

Fernanda Serpa Heberle, Monique Lopes Martins e Naiele Cezimbra Medeiros

Orientador: Prof. Msc. Diego Afonso da Silva Lima

Coorientador: Prof. Danilo Fortes da Silveira Matos

INTRODUÇÃO

No mercado são desenvolvidas próteses ativas que simulam o joelho humano proporcionando maior naturalidade para a caminhada do usuário. Porém, possuem elevado custo para a maioria da população mundial e, utilizam uma tecnologia sensores invasivos, ou seja, exigem uma cirurgia no processo de prototipagem. Uma solução com custo inferior são as próteses passivas, que oferecem apenas de apoio ao usuário, tampouco geram algum movimento. Então, chegou-se ao problema de: como desenvolver uma prótese capaz de simular a marcha humana - adaptando-se ao biotipo de cada usuário - e que seja de baixo custo?

A SmartLeg é uma prótese para quem sofreu de uma amputação entre o quadril e o joelho. Caracteriza-se por prótese ativa pois tem como desígnio gerar o seu próprio movimento, obtendo assim maior eficiência para simular a caminhada. Ela conta com sensores não invasivos, e é muito mais acessível que os modelos de prótese de desempenho similar, possibilitando que essa tecnologia atinja um público maior.

O objetivo deste projeto é desenvolver a sétima proposta de protótipo de prótese transfemoral inteligente, com tecnologia remodelada e avançada o suficiente, para que se possa realizar teste em pessoas na próxima etapa. Logo, considerou-se construir um protótipo com um novo sistema de redução, com a implementação do sistema de controle e de sistema eletrônico estudados na etapa anterior, para tornar possível a construção de uma prótese inteligente de baixo custo.

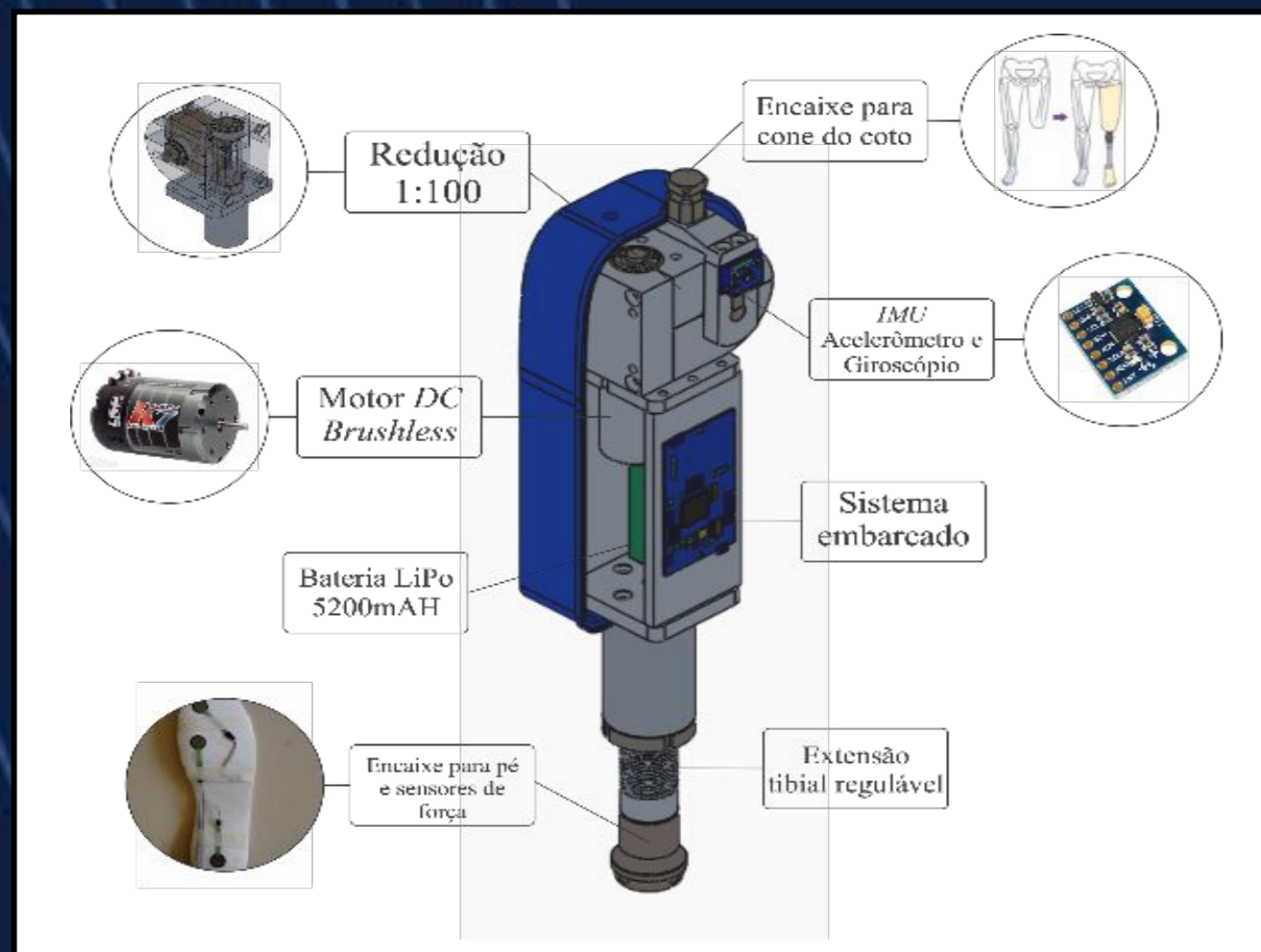


Figura 1: Componentes
Fonte: Autoria própria

DESENVOLVIMENTO

Em etapas anteriores foram discutidos dois possíveis sistemas de transmissões, para constituir a caixa de redução. Sendo um composto por parafuso e coroa com rosca sem fim, e o outro por pares de engrenagens cilíndricas de dentes retos.

Dentre os dois sistemas de transmissão estudados, será implantado o parafuso e coroa já que tal apresenta um menor percentual de possibilidade de falhas futuras. Pois, em um estudo aprofundado, verificou-se que em sistemas de transmissão por engrenagens ocorre um fenômeno chamado ressonância, que se dá ao acúmulo de vibrações de um determinado sistema, ocasionando desconforto ao usuário, além de maior complexidade para estabelecer o controle.

Quanto aos cálculos de dimensionamentos do sistema de transmissão, foram baseados em literaturas clássicas de autores como Robert C. Juvenall e Richard G. Budynas, tendo suas fundamentações em elementos de máquinas.

Segue imagens do dimensionamento da caixa de redução, feita no software SolidWorks.

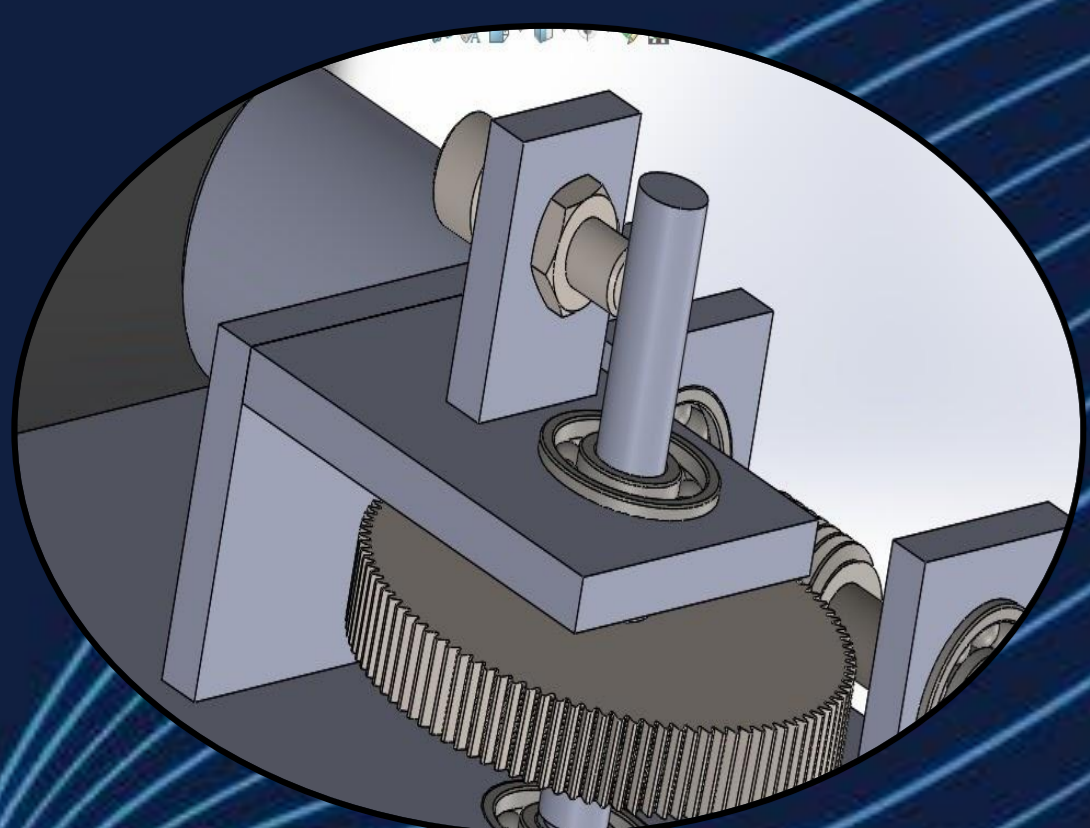


Figura 2: Caixa de redução SolidWorks
Fonte: Autoria própria

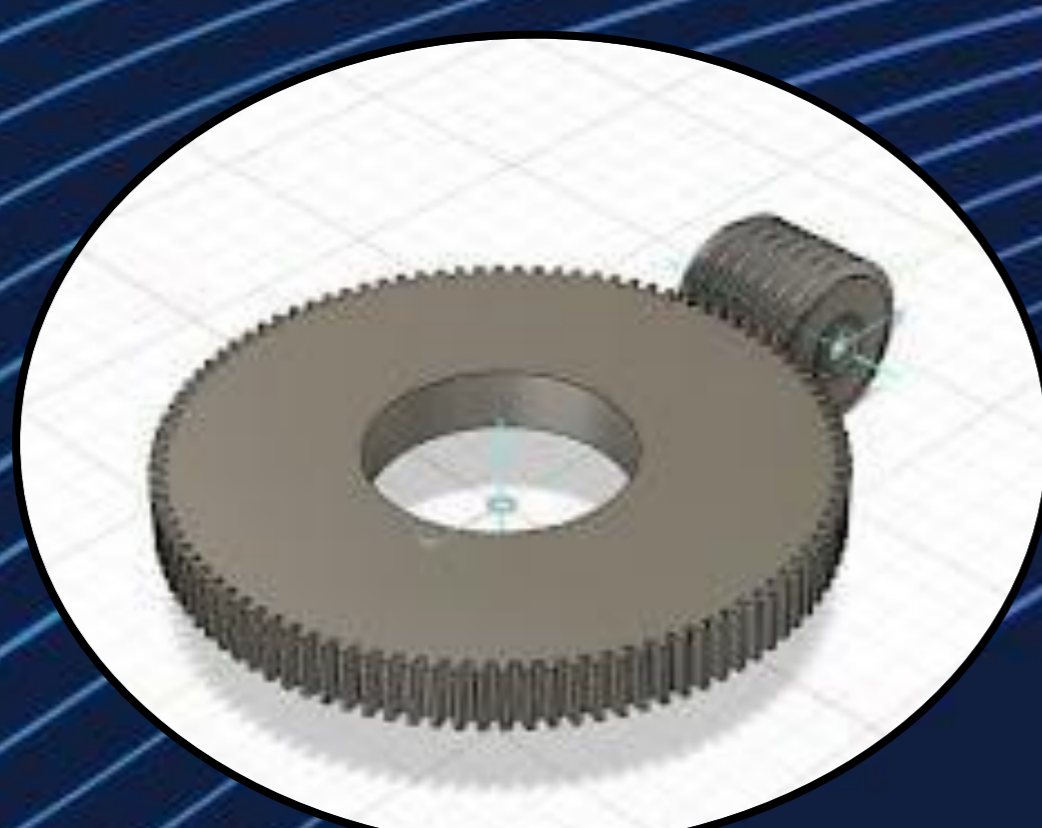
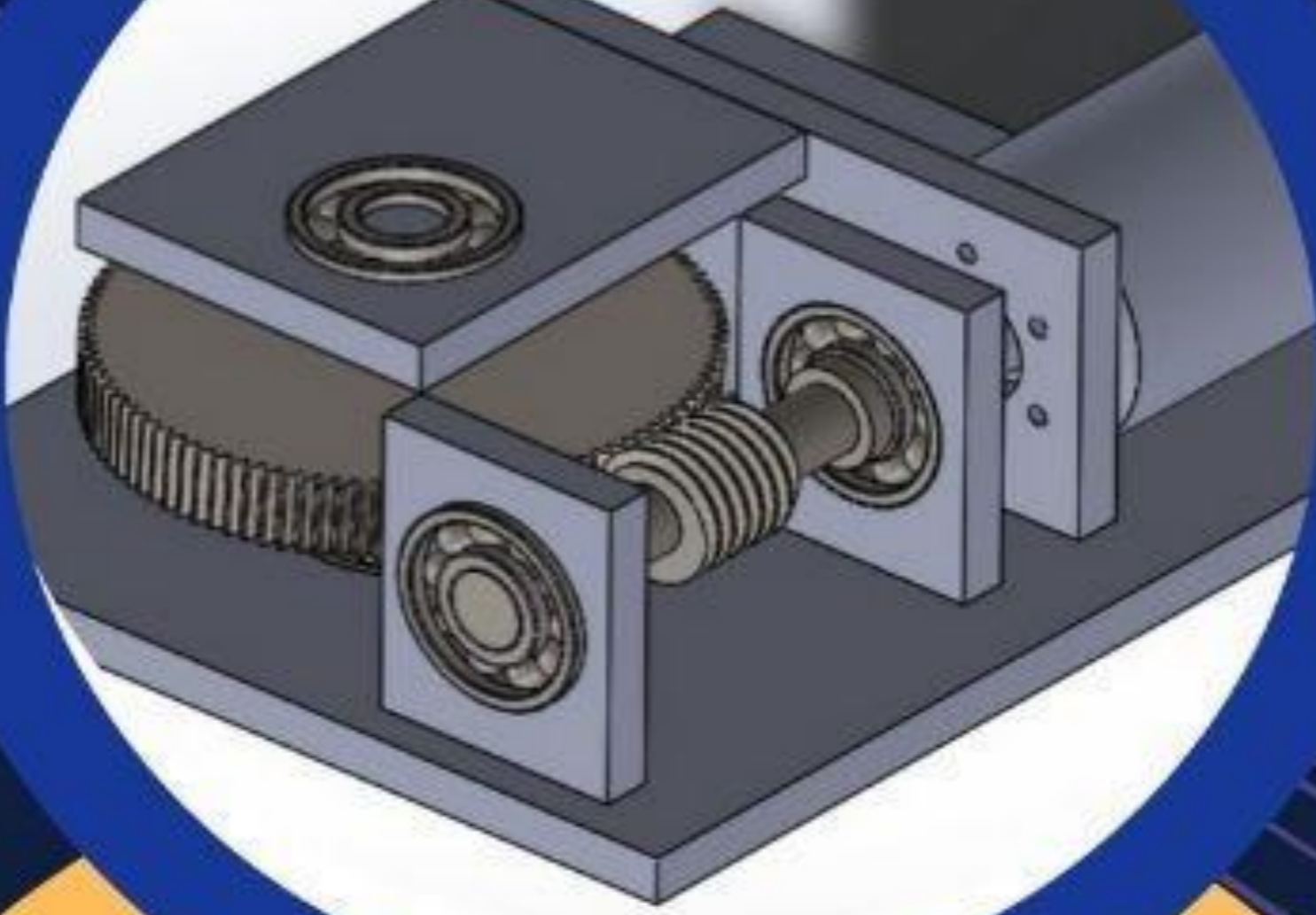


Figura 3: Reconstrução Caixa de redução Fusion 360
Fonte: Autoria própria

Além disso, foi usado o SolidWorks para a criação de uma possível estrutura mecânica para a prótese. Esta estrutura em processo de reconstrução no Fusion 360, pois o mesmo abrange mais recursos. Tendo em vista que será preciso fazer simulações a fim de testar a sua resistência mecânica sob aplicação de carga.



ANÁLISE DE DADOS

A ideia é utilizar sensores de aceleração e de giro IMU para acompanhar o movimento da parte não amputada da perna do usuário, como indicado ao longo deste documento. Além disso, sensores FSR complementarão os dados para que se tenha a informação da fase atual da caminhada do usuário.

Para determinar o desempenho total do sistema mecânico e a eficiência do sistema de transmissão que será embarcado no protótipo, foram calculados: rendimento da transmissão, rotação da coroa, torque da coroa e potência transmitida, aceleração angular, a que a junta do joelho, do sistema SmartLeg estará submetida durante a utilização. O cálculo foi realizado a partir de dados experimentais adquiridos via instrumentação aplicada à perna de um indivíduo não amputado. Sendo, dois sensores MPU 5060 (acelerômetro e giroscópio) ligados em um microcontrolador ATMEGA328p. Foi utilizado o recurso de interrupção externa para ter um intervalo uniforme entre as medidas realizadas. Foram obtidas 125 amostras por segundo, ou seja, uma medida a cada 0,008 segundos. O estudo foi realizado a partir de uma caminhada de velocidade regular, ou seja, aproximadamente 5 km/h.

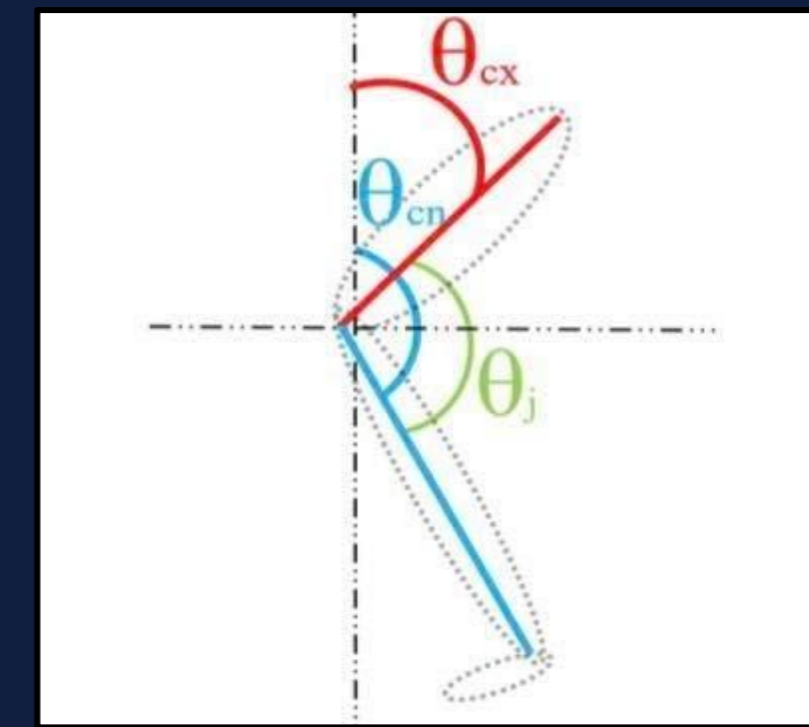


Figura 5: Ângulações perna não amputada
Fonte: Autoria própria

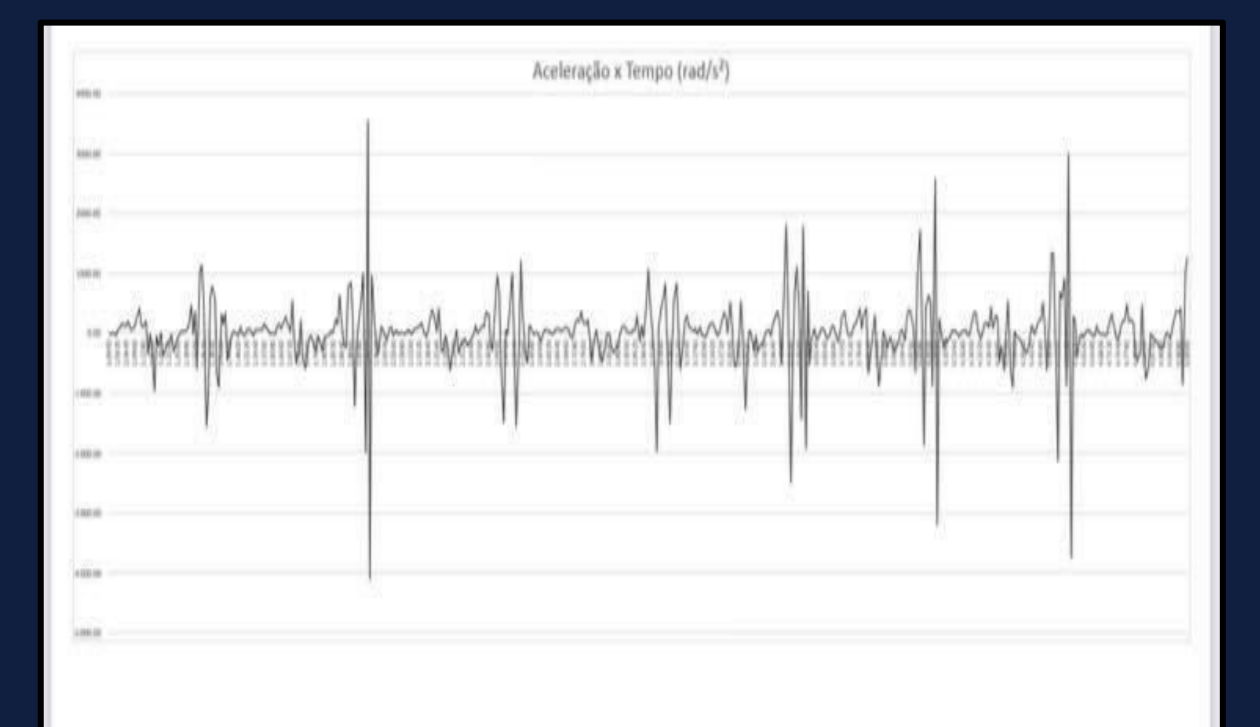


Figura 6: Aceleração x Tempo
Fonte: Autoria própria

Um sistema de controle baseado em redes neurais artificiais será provavelmente implementado no protótipo, com o objetivo de interpretar dados, relacioná-los e computar as saídas adequadas, mesmo com entradas complexas e de difícil análise. Isso será possível por meio do treinamento das redes neurais, onde se mostra para a rede quais são as saídas esperadas para cada entrada.

Além do sistema de redes neurais, são utilizadas outras metodologias de análise de dados para o sistema de controle. Após concluída a modelagem do protótipo no software Fusion 360, serão realizadas simulações de esforço estático FEA (Finite Element Analysis), a fim de comprovar que os componentes do protótipo suportam a carga exigida. Porém, ainda está em análise a plataforma na qual serão realizadas as simulações descritas acima. Quando concluídas as simulações, o modelo será exportado para um software de simulações de sistemas de controle chamado Simulink, com o auxílio da extensão do SolidWorks, a SimMechanics.

CONCLUSÕES

Com base no que foi apresentado pode-se afirmar que a SmartLeg tem como foco desenvolver um protótipo de prótese inteligente que seja de baixo custo, sem o uso de sensores invasivos e que seja capaz de simular a marcha humana adaptando-se ao biotipo de cada usuário.

Foi realizado no SolidWorks uma nova modelagem para o sistema mecânico. A estrutura mecânica tem melhor redimensionamento de massa e utiliza de um mecanismo baseado em um sistema de redução com parafuso e coroa com rosca sem fim. A modelagem está em processo de reconstrução no Fusion 360, por motivos de maior aproveitamento de recursos.

Além disso, estuda-se a respeito de um possível sistema de controle de redes neurais artificiais. De forma que o amputado realize o movimento de marcha humana de forma mais natural, possibilitando-o um maior controle ao caminhar.

REFERÊNCIAS

- [1] BUDYNAS, R. G. NISBETT, J. K. Elementos de máquina de shigley: projeto de engenharia mecânica. 8ª edição. São Paulo: AMGH Ltda, 2016.
- [2] DA SILVA JR., W. C. Desenvolvimento de uma prótese ativa de baixo custo para amputados transfemorais. 2010.
- [3] FLUXO. 9 tipos de engrenagens e suas aplicações. Disponível em: < <http://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/projetos-mecanicos/9-tipos-de-engrenagens/>>. Acesso em: Abr. 2019.
- [4] JUVINALL, R. C. MARSHEK, K. M. Projeto de componente de máquinas. 4ª edição. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Ltda, 9 de fevereiro de 1983.
- [5] SOLIDWORKS 2015. "Ajuda do SolidWorks". Disponível em: http://help.solidworks.com/2015/portuguese/brazilian/SolidWorks/sldworks/c_introduction_toplevel_topic.htm. Acesso em: Maio de 2018.
- [6] TRINDADE, R. H. ESTUDO DE MÁQUINAS ELÉTRICAS NÃO CONVENCIONAIS: Motor Brushless DC. 2009. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.