



XXVI CREEM

Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica

ILHÉUS/ITABUNA - BAHIA



XXVI Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica,
CREEM 2019
19 a 23 de agosto de 2019, Ilhéus, BA, Brasil

PRÓTESES FABRICADAS ATRAVÉS DA MANUFATURA ADITIVA PARA ANIMAIS DE PEQUENO PORTE

Fellipe Kevyn Santos Cavalcante, felipekevyn@hotmail.com¹
Vitor Hugo Martins de Almeida, vhmalmeyda@uesc.br²

Universidade Estadual de Santa Cruz, Rod. Jorge Amado, Km 16 - Salobrinho, Ilhéus - BA, 45662-900.

RESUMO. As próteses tem como objetivo principal resgatar de alguma forma a mobilidade do indivíduo e reestabelecer sua qualidade de vida. Nessa pesquisa idealizamos e desenvolvemos uma prótese para animais de pequeno porte (gatos e cachorros) que tiveram um ou mais de seus membros traseiros amputados. Para a confecção utilizamos o processo de manufatura aditiva (MA), sendo utilizada a conhecida impressora 3D que é atualmente aplicada em diversos tipos de peças e objetos, sendo de baixo custo e de forma rápida, com um resultado final extremamente satisfatório. A princípio foi feito um estudo dos mecanismos da mobilidade funcional destes animais, bem como o detalhamento da aplicação da MA para desenvolvimento de próteses, serão utilizados conceitos da engenharia para se obter uma melhor performance e adaptação do protótipo no animal. Então foi dado início ao processo de desenvolvimento do modelo protético no programa CAD (SolidWorks) buscando a melhor forma de adaptação anatômica no animal, sendo feitas algumas simulações de resistência da peça final, até que pudéssemos manufaturar e fazer futuramente um possível teste in-vivo no animal que possa ser beneficiado.

Palavras chaves: Prótese, impressora 3D, Manufatura aditiva, solidworks, Simplify 3D.

1. INTRODUÇÃO

As próteses são componentes criados com intuito de beneficiar e ajudar o indivíduo a ter de volta a mobilidade perdida pela amputação ou inexistência de alguma parte do corpo, e com isso vem sendo realizada diversas pesquisas para se obter as melhores adaptações com melhores performances para diferentes tipos de seres, já que cada um terá seu próprio diagnóstico e características exclusiva para uma futura adaptação com órtese ou prótese. Assim as próteses podem ser definidas como um utensílio para servir como substituto de um membro perdido ou deformado no organismo do paciente a ser beneficiado de acordo o recente trabalho (Rodriguez, Cruz e Sarmanho, 2018), sendo que estas podem ser causadas por lesões, tumores, amputações congênitas ou casos em que já nasce sem o membro (Lopes e Almeida, 2013). Com isso o principal objetivo das próteses é devolver a mobilidade, proporcionando o máximo de independência em relação ao deslocamento do paciente, dando de volta a este uma melhora significativa em sua integração social. Sabendo que cada tipo de prótese terá sua forma e geometria exclusiva, pois irá depender das condições físicas, motoras, congênitas, objetivo funcional e até mesmo condições econômicas de cada paciente como relata (Fonseca, Marcolino e Barbosa, 2015).

Se apresenta como grande aliada desta área a manufatura aditiva, que utiliza impressoras 3D para o desenvolvimento dessas peças, as quais apresentam boa performance e qualidade, aliada a um baixo custo se comparado a outros métodos como injeção por molde. Portanto a MA é considerada atualmente uma grande parceira na confecção de próteses, visando a produção de forma rápida e extremamente personalizada, já que estas dependem das condições e medidas de cada indivíduo, o que leva a uma melhor adaptação, bem estar, qualidade de vida e reabilitação segundo o recente trabalho (Rodriguez, Cruz e Sarmanho, 2018).

De acordo com a ASTM- American Society for Testing and Materials o termo manufatura aditiva significa “ Um processo de união de materiais para a criação de objetos a partir dados de um modelo tridimensional, usualmente camada sobre camada, de forma oposta ao processo de manufatura subtrativa que parte de um bloco de material esculpindo o objeto desejado, escavando ou polindo o material como se fosse uma lixa”, que utilizam de materiais como plástico, madeira, cerâmica e metal para a confecção de seus produtos como mostra o trabalho de (BAIÃO, 2012). Esse tipo de manufatura oferece vantagens como baixo custo de produção, de manutenção, possibilidade de personalização da prótese de acordo às necessidades da aplicação e possibilidade de customização visual através de pinturas ou outras técnicas de acabamento superficial, sendo assim uma alternativa viável para atender as necessidades dos animais amputados sem que haja investimentos elevados.

Neste trabalho utilizamos a manufatura aditiva através do processo de fabricação por filamentos fundidos, que consiste na extrusão de materiais, sendo que nesse tipo de tecnologia a manufatura da peça é criada a partir da deposição por camada, em que um bico de extrusão deposita filamentos de material sobre uma base, formando a primeira camada do componente, sendo que essa mesma base é mantida a uma temperatura inferior à do material de extrusão, para que este mesmo material solidifique rapidamente. O filamento deve sair através do bico injetor controlado por um computador, e

esse mecanismo ocorre de forma que o material é alimentado para dentro de um sistema como filamento, e posteriormente é empurrado para o interior da câmara por um conjunto de extrusão parafuso sem fim, gerando então a pressão de extrusão (Pallarolas,2013).

2. METODOLOGIA

No presente trabalho utilizamos a MA através do equipamento de impressão 3D presente no laboratório de projetos mecânicos e tribologia (LAPMET) da UESC Fig.1, para fabricar as peças da prótese que substituirá os membros amputados (fíbula, tíbia, tarso e metatarsos) do animal. Tendo como aparato instrumental utilizados, os softwares SolidWorks e Simplify 3D, a impressora 3D Kossel mini, e abraçadeiras de “velcro” juntamente com uma cinta de malha (viscolycra ou Helanca).

Na Fig.2 é possível visualizar o modelo que tomamos como base para desenvolvermos a prótese idealizada por nós e um exemplo de animal que pode ser beneficiado com o trabalho.

Figura 1. Impressora 3d kossel utilizada para as impressões no LAPMET

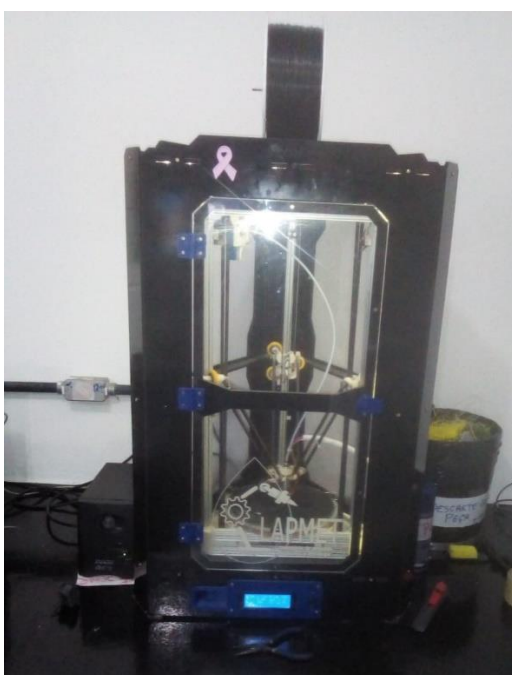
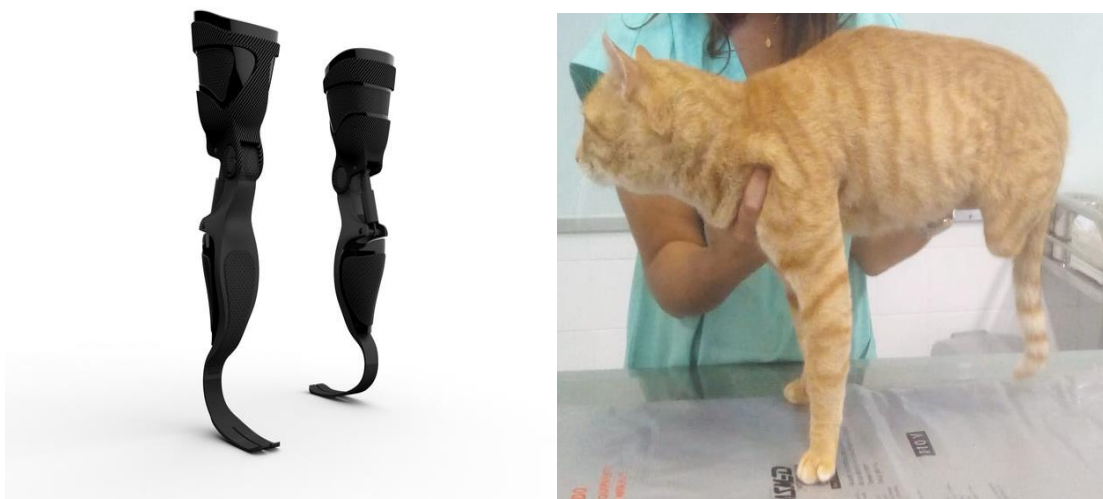


Figura 2. Modelo utilizado como base para o desenvolvimento de nosso protótipo e um animal de pequeno porte sem os membros inferiores traseiros (*Free CAD Library, 2018*)



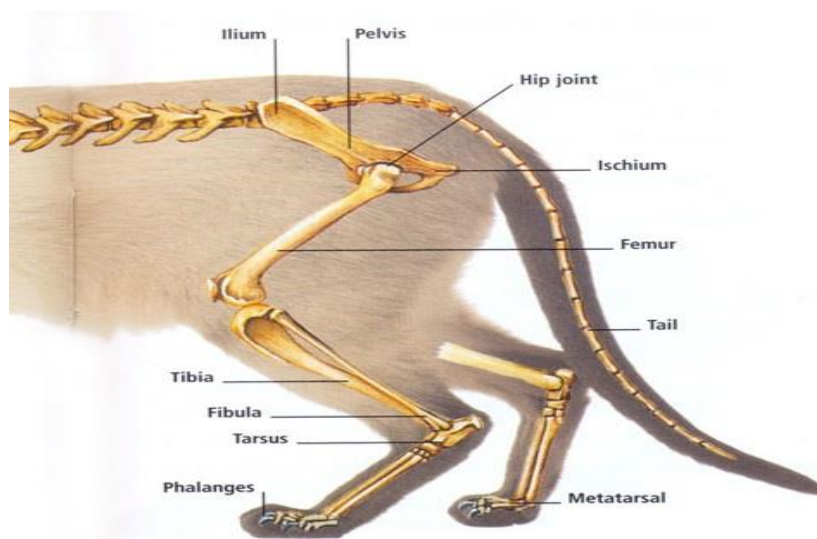
Primeiramente foram realizadas os respectivos dimensionamento do fêmur, quadril e peso de um animal saudável, para que pudéssemos ter uma base de tamanho do modelo a ser adaptado em um animal amputado, e com isso ser possível realizar sua confecção através da MA.

As dimensões coletadas do membro inferior traseiro do animal é mostrado na Tab.1. E para melhor compreensão dos membros dimensionados e também da parte que a prótese irá substituir, têm-se a Fig.3 que mostra a anatomia do gato.

Tabela 1. Medidas coletadas de um gato presente no hospital veterinário da UESC

	Dimensões
Altura da extremidade inferior do fêmur até o solo	11cm
Circunferência inferior do fêmur	11cm
Circunferência superior do fêmur	16cm
Altura do fêmur	6cm
Quadril	35cm
Peso	5,1kg

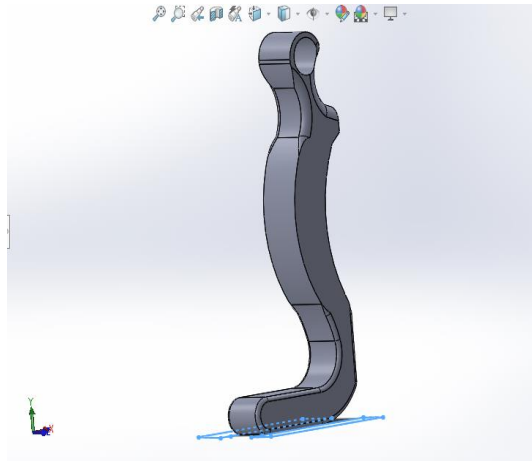
Figura 3. Anatomia óssea de um gato (Barbosal,2009)



Tendo em mãos esses dados, vimos que seria viável manufaturar próteses que pudesse atender diferentes tamanhos de animais que apresentam ausência dos membros a qual esta peça irá substituir, o que pode resultar em estruturas distintas de um protótipo para outro devido as diferenças nos respectivos tamanhos necessitados. Dessa forma, caso haja necessidade de duas próteses para um mesmo animal como no exemplo da Fig.2, o projeto final apresentará partes independentes para cada membro, ou seja, cada membro traseiro de locomoção do animal será adaptado um protótipo autônomo, sem a necessidade do outro membro. Então, foi dado início ao processo de idealização e definição de uma prótese que simule com maior precisão possível a tíbia, o tarso e metatarso, membros ausentes no animal.

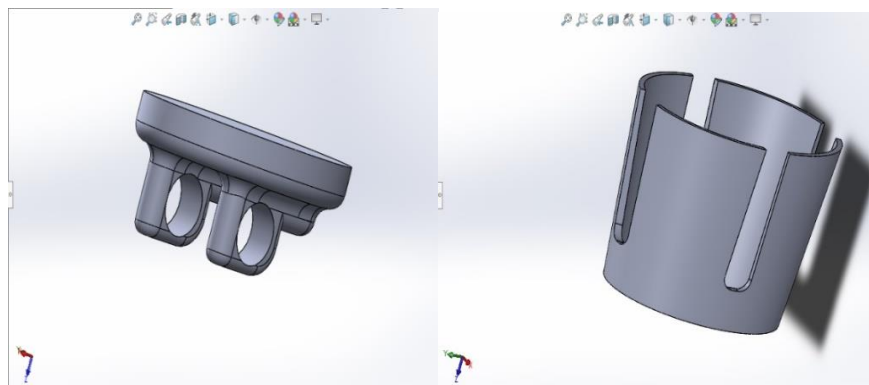
À vista disso, tendo como base o modelo de prótese já mencionado anteriormente, foi possível idealizar um protótipo que fosse viável imprimir e adaptar no animal beneficiado, sendo que os componentes que constitui o protótipo final foram executados em partes separadas para facilitar a impressão e montagem. Com isso começamos com desenho, através do SolidWorks, da parte que simula o tarso e metatarso, o qual chegamos ao seguinte modelo mostrado na Fig.4.

Figura 4. Peça desenhada no SolidWorks que simulara o tarso e metatarso do animal (peça 1)



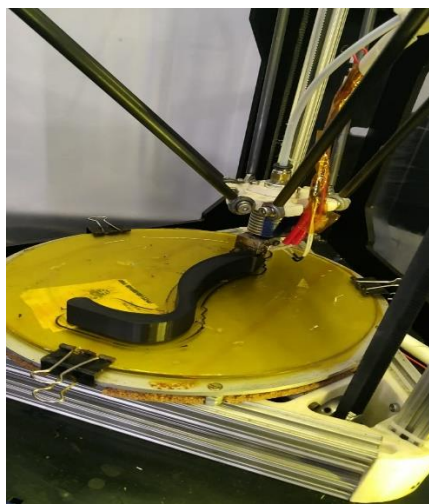
Após a conclusão do que chamamos de peça 1, foi dado início ao desenho que faz o encaixe no membro amputado do animal e a peça 1, sendo este dividido em duas partes como mostra a Fig. 5.

Figura 5. Peças que fazem parte do conjunto de encaixe no membro amputado (soquete).



Posteriormente a finalização dos desenhos que fazem parte do conjunto de peças para a montagem final da prótese, pôde iniciar o processo de impressão, começando pela peça que substituirá o tarso e metatarso Fig.6, e na sequência foi manufaturada as peças de encaixe.

Figura 6. Foto registrada no momento da manufatura da peça



Tendo todas as peças impressas, demos início ao processo de montagem e ajustes para que então pudéssemos ter o modelo final do protótipo. Onde começamos com as partes que servirão de encaixe no membro amputado, em que foram fixadas através de uma técnica de soldagem para o material utilizado na peça (ABS), juntamente com cola. Após isso, foi feita a fixação na parte que substitui o tarso e metatarso através de um pino fixador também confeccionado na impressora.

Apesar de tomarmos como base os dimensionamentos da Tab.1 para fabricação do modelo final, é possível fazer ajuste na escala para ser compatível com as diferentes necessidades de cada animal. Sendo possível pelo software de fatiamento simplify 3D que é um programa que irá enviar e fazer todo o controle da peça que será confeccionada na impressora 3D.

Após o término da montagem foi realizado uma análise estática para verificar os pontos de maiores tensões e também o deslocamento suportado, através do programa simulation do SolidWorks, em que superdimensionamos o valor da força aplicada na prótese, já que utilizamos de uma força de 100N(que sendo distribuída nas quatro pernas do animal dá muito maior que o peso de 5,1kg do gato que tomamos como base) na peça 1 onde se concentrará a maior intensidade de força quando o animal se locomover, com a intenção de obtermos resultados ainda mais satisfatório. Além dessas análises foram feitas também análises de fadigas com intenção de verificar o desgaste e a vida útil com base na quantidade de ciclos realizados.

Vale ressaltar que todos os resultados foram comparados e feitos com base no material que a prótese foi confeccionada, o ABS. A Tab. 2 mostra algumas propriedades do material.

Tabela 2. Propriedades do ABS

PROPRIEDADES	ABS
Densidade	1,04[g/cm ³]
Tensão de escoamento	38[Mpa]
Modulo de elasticidade	2200[Mpa]
Resistência a flexão	66[Mpa]
Temperatura de fusão	220[C°]

3. RESULTADOS

Figura 7. Modelo de prótese finalizado após todo o processo de montagem.



Os resultados até agora obtidos foram apenas os conceituais, em que focamos na parte de engenharia assistida por computador. De modo que pudéssemos obter algumas simulações a fins de saber certos comportamentos mecânicos da prótese, para quando for testada in-vivo em algum animal termos a certeza de que não ocorrerá falhas com o material.

A Fig. 8 e Fig. 9 mostram as análises de simulações de tensão e deslocamento feita na peça 1, o resultado dela mostra quando comparado com as propriedades do ABS apontado na tab.2, que a tensão de escoamento é de 38Mpa e a tensão máxima da simulação foi de 40,22Mpa. No entanto na simulação teve um superdimensionamento da força, pois aplicamos uma força de 100N para uma única pata do animal, então, fazendo a distribuição nos outros três membros que faltam daria o equivalente a um animal de aproximadamente de 40Kg, não sendo este de pequeno porte. Assim a prótese dificilmente falhará sendo aplicada em um animal de pequeno porte, que chegará a no máximo 12Kg.

Figura 8. Simulação estática para obter as tensões (VonMises)

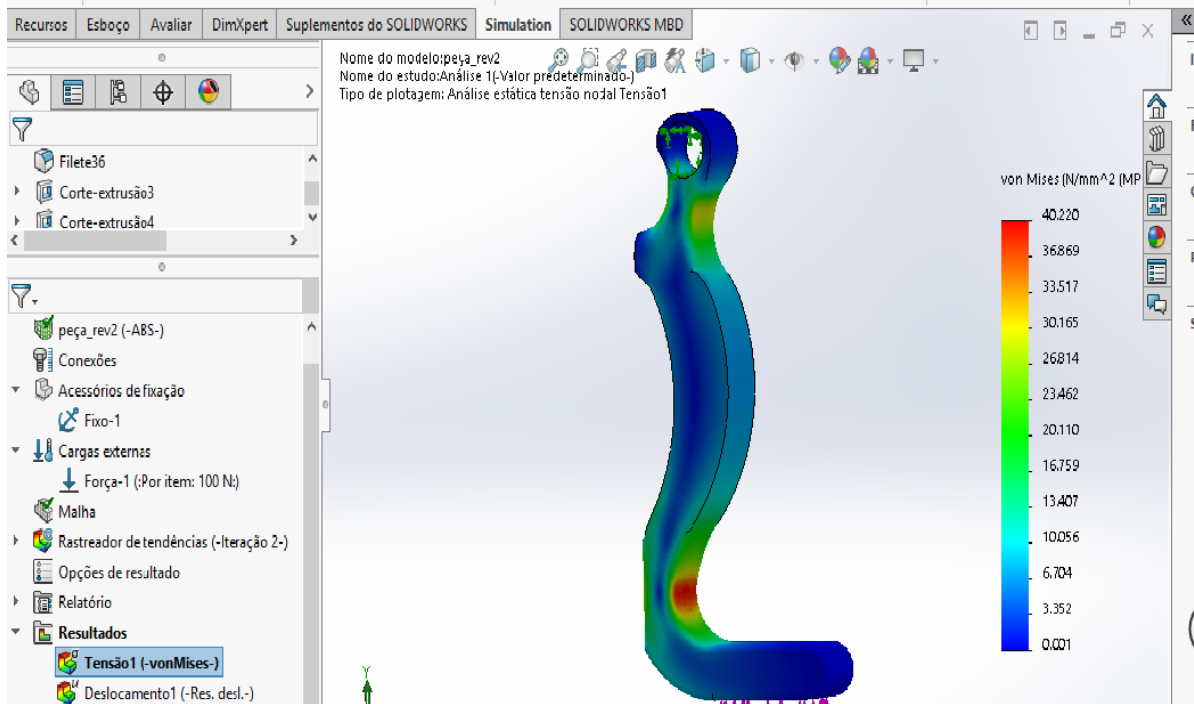
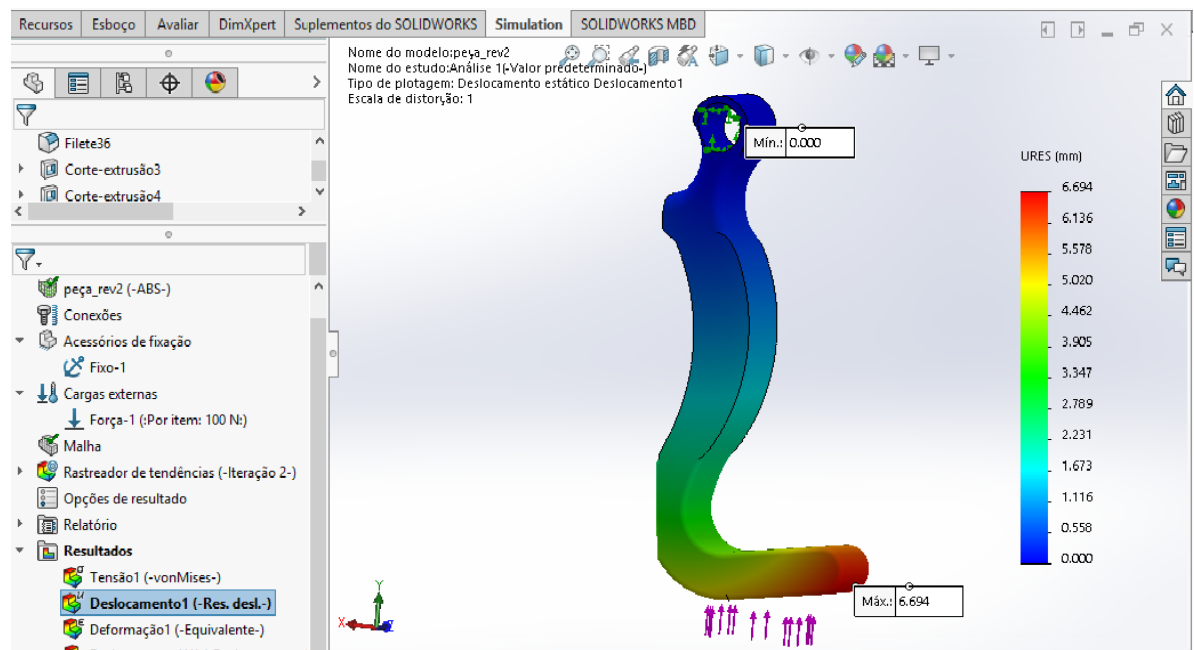


Figura 9. Deslocamento estático



Obtivemos também, com os estudos de simulação, os resultados a respeito de danos sofrido e a vida útil esperada do protótipo, podendo ser vistos nas Fig.10 e Fig.11. Em que os danos sofridos como já era de se esperar, foi na parte onde

tem a maior concentrador de tensão na peça, e a vida útil obteve um resultado extremamente satisfatório em que a menor quantidade de ciclos foi de 100.000, no ponto onde se encontra maior concentrador de tensão.

Figura 10. Simulação de porcentagem de dano

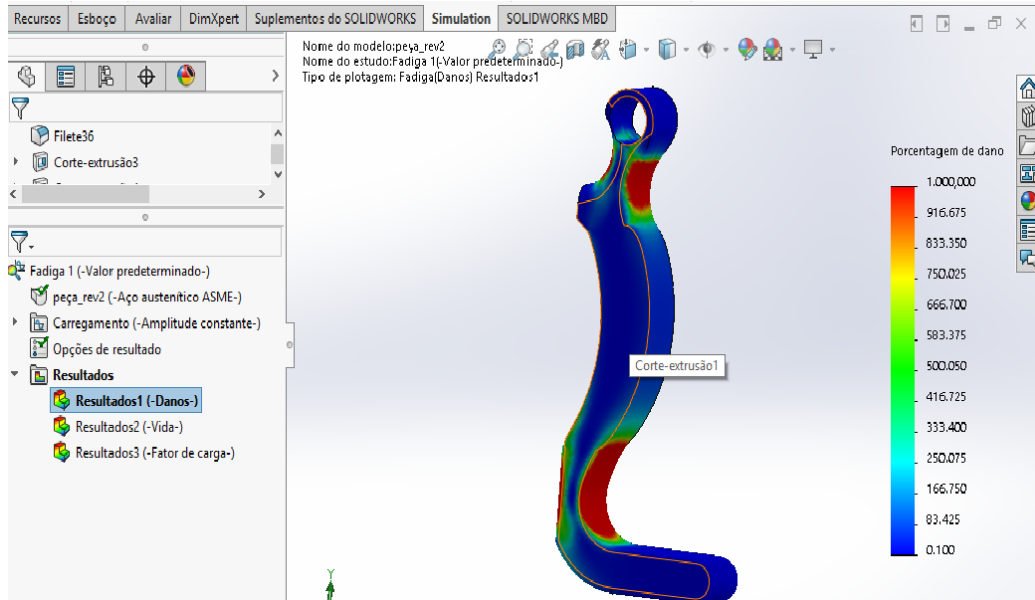
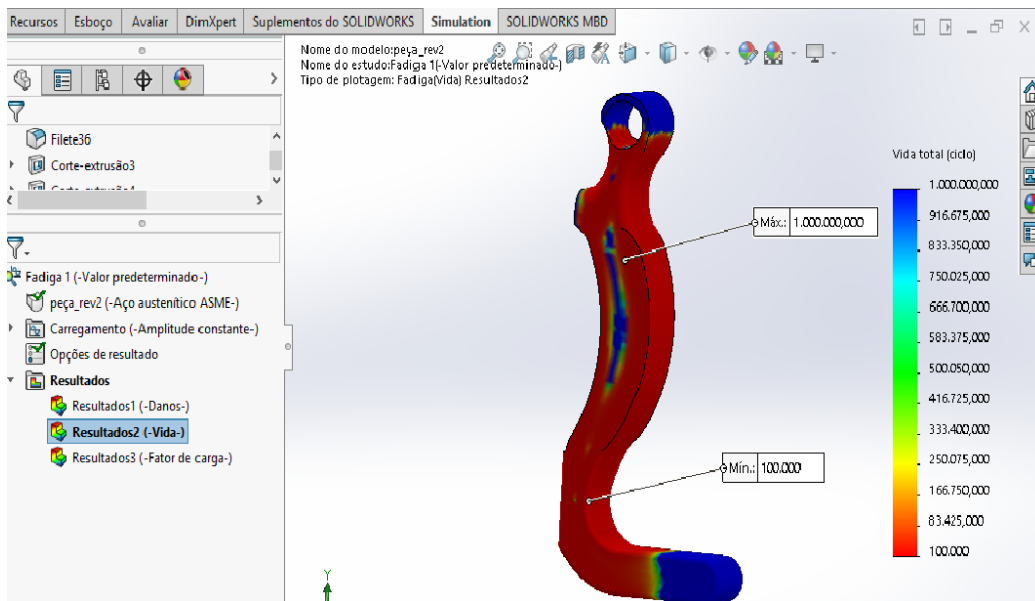


Figura 11. Simulação do número de ciclos suportado até a falha



4. CONCLUSÃO

Com o estudo levantado anteriormente podemos constatar que a manufatura de próteses tem como uma grande parceira as impressoras 3D, em que se fabrica peças de tecnologia assistiva de baixo custo e de forma personalizada, tornando com isso um método de ótimo custo-benefício.

Portanto o projeto idealizado por nos obteve uma boa satisfação no resultado final, em que estes, sendo feitos através dos testes computacionais se mostraram aceitáveis para aplicação que desejamos quando a prótese for de fato testada em um animal in-vivo. Pois a prótese apresentou uma ótima resistência mecânica e uma boa durabilidade, além de uma anatomia inovadora que permitirá melhor independência em sua locomoção quando se comparado com as tradicionais

“cadeirinhas” para animais amputados, e com isso haverá uma melhora significativa em sua qualidade de vida com o resgate da mobilidade.

5. REFERÊNCIAS

BAIÃO, Francisco José. **FUNCIONALIDADES E TECNOLOGIAS DA IMPRESSORA 3D Itatiba**. 2012. 46 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia da Computação, Universidade São Francisco, Itatiba, 2012.

BARBOSAI, A. L. D. T. **LUXAÇÃO COXOFEMORAL TRAUMÁTICA EM CÃES E GATOS: ESTUDO RETROSPECTIVO** (1997-2006). *Ciência Rural*, v. 39, 2009.

FONSECA, Marisa Registro; MARCOLINO, Alexandre; BARBOSA, Rafael. **Órteses e Próteses - Indicação e Tratamento**. São Paulo: Águia Dourada, 2015. 299 p..

FREE CAD Library. **GrabCad**, 2018. Disponível em: <<https://resources.grabcad.com/company/>>.

GOZZO, L. F. **PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA IMPRESSORA 3D BASEADA NA TECNOLOGIA DA MODELAGEM POR FUSÃO E DEPOSIÇÃO**. Universidade Federal de Urbelandia. Uberlândia. 2017.

JÚNIOR, J. L. R.; CRUZ, L. M. S. C.; SARMANHO, A. P. S. **IMPRESSORA 3D NO DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS COM PRÓTESES**, Pará, 2018.

LOPES, Jeferson Andris Lima; ALMEIDA, Lucas Coelho. **METODOLOGIA PARA CONCEPÇÃO DE PRÓTESE ATIVA DE MÃO UTILIZANDO IMPRESSORA 3D**. 2013. 68 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

PALLAROLAS, Ernesto Abel Fernando Friedmann. **REVISÃO TÉCNICA DE PROCESSO MANUFATURA ADITIVA E ESTUDO DE CONFIGURAÇÕES PARA ESTRUTURAS DE IMPRESSORAS TRIDIMENSIONAIS**. 111 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, SÃO Carlos, 2013.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.