

**UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**ANÁLISE FÍSICA E MICROBIOLÓGICA DE BIOMODELOS PRODUZIDOS EM
MANUFATURA ADITIVA PARA USO EM PRÓTESES E ÓRTESES EM ANIMAIS**

DIEGO SILVA LIMA

Orientador: Prof. Dr. TIAGO LUIS EILERS TREICHEL

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária da UniRV
– Universidade de Rio Verde, resultante de
Projeto de Pesquisa, como parte das exigências
para obtenção do título de Médico Veterinário.**

RIO VERDE- GOIÁS

2019

**UniRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**ANÁLISE FÍSICA E MICROBIOLÓGICA DE BIOMODELOS PRODUZIDOS EM
MANUFATURA ADITIVA PARA USO EM PRÓTESES E ÓRTESES EM ANIMAIS**

DIEGO SILVA LIMA

Orientador: Prof. Dr. TIAGO LUIS EILERS TREICHEL

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária da UniRV
– Universidade de Rio Verde, resultante de
Projeto de Pesquisa, como parte das exigências
para obtenção do título de Médico Veterinário.**

RIO VERDE- GOIÁS

2019

Lima Silva, Diego

Análise Física e Microbiológica de Biomodelos produzidos em manufatura aditiva para uso em próteses e órteses em animais / Diego Silva Lima. - Rio Verde. - 2019.

39 f.: 23 il.; 03 tab.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) apresentada à Universidade de Rio Verde – UniRV, Faculdade de Medicina Veterinária, 2019. Orientador: Dr. Tiago Luis Eilers Treichel.

1. Microrganismos. 2. Impressora 3D. 3. Material. 4. Resistência.



UniRV
Universidade de Rio Verde

Universidade de Rio Verde

Credenciada pelo Decreto nº 5.971 de 02 de Julho de 2004

Fazenda Fontes do Sobrer
Campus Universitário
Rio Verde - Goiás

Cx. Postal 104 - CEP 75901-970
CNPJ 01.815.216/0001-78
I.E. 10.210.819-6 I.M. 021.407

Fone: (54) 3611-2200
www.uniuv.edu.br

DIEGO SILVA LIMA

**ANÁLISE FÍSICA E MICROBIOLÓGICA DE BIOMODELOS PRODUZIDOS EM
MANUFATURA ADITIVA PARA O USO EM PRÓTESES E ÓRTESES EM
ANIMAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária da UniRV –
Universidade de Rio Verde, resultante de Projeto de
Pesquisa como parte das exigências para obtenção do
título de Médico Veterinário.

Aprovado em: 22/11/19

de machado
PROF. M.e DÉBORA CABRAL MACHADO

Marcelo Rozan
PROF. M.e MARCELO AUGUSTO ROZAN DOS SANTOS

Tiago Luis Eilers Treichel
PROF. Dr. TIAGO LUÍS EILERS TREICHEL
(Orientador)

RIO VERDE – GOIÁS

2019

“Um bom exemplo é o melhor sermão.”

- Benjamin Franklin.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus por ter me dado saúde, força de vontade, perseverança para superar todas as dificuldades e conseguir chegar até aqui.

Conjuntamente, quero dedicar este trabalho aos meus pais.

Keyla Silva de Oliveira, minha mãe, por ter sido uma mulher de fibra, guerreira, que sempre acreditou em meu potencial, como também sonhou comigo durante toda minha graduação e por ter sido a mulher por trás deste futuro médico veterinário.

Ao meu pai, Valter Ferreira de Lima, por me ter dado apoio, respaldo e confiado durante toda minha trajetória. E não menos importante, ao meu irmão Kaio Silva Lima, por ter ajudado nos pequenos detalhes que fazem a diferença no final.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus irmãos de vida, Fernanda Freitas minha “BLF”, Kattiany Martins “Katiti” e Gabriel Bordignon por terem me apoiado e me ajudado durante toda a vida, desde que os conheço, sempre me apoiando e torcendo por minha vitória. A meus irmãos biológicos por parte de pai, aos meus familiares, tios e primos que me deram forças. A todos das famílias Paludo e Ribeiro, que são minha segunda família.

Aos meus colegas de faculdade que são muitos, dentre alguns: Alexia, Luiza e os amigos integrantes do grupo “Ação Vet”, grupo o qual tenho muito estima em ter sido integrante. Quero agradecer também Renata Bernardes “negrinha”, minha veterana e grande amiga que me apoiou desde o início da graduação, com energias positivas e troca de ensinamentos. Ademais devo agradecer a Naiane Freitas, minha amiga que me aguentou por várias vezes em momentos complicados durante não só durante o estágio curricular, mas que também me apoiou em diversos momentos da graduação. Em especial os agradecimentos aos meus padrinhos: Rogério Ribeiro e Francielly Paludo, que foram primordiais em toda minha batalha e que nunca me deixaram desistir, amo muito vocês.

Aos meus colegas e professores da Universidade Estadual do Centro Oeste – PR, que durante minha estadia foram formidáveis, em particularmente minha grande amiga Paola Karoline Swenar, que me policiou/motivou a escrever este presente trabalho. Agradecer não só ao professor André, mas também aos residentes de anestesiologia e os amigos do “bloquinho” que fiz na Universidade Federal de Santa Maria – RS, que me ensinaram muito no estágio final. Outrossim devo agradecer a Diva Millani, gratidão por me apresentar a constelação familiar. À todos os professores da veterinária da Universidade de Rio Verde -GO, pelo conhecimento teórico e prático, mas no entanto o principal foi o de vida. A secretária Sueli vulgo “tia susu” e Henrique pela ajuda e apoio diário que me deram durante toda graduação.

Também quero agradecer ao professor Marcelo Augusto Rozan dos Santos e a professora Débora Cabral Machado, que foram dois “co-orientadores”, que se dispuseram a me ajudar e abraçar esta batalha comigo, o meu singelo e humilde obrigado.

E por fim, mas não menos importante que ninguém, o meu professor orientador Dr. Tiago Luís Eilers Treichel, uma pessoa que me apoia, puxa as orelhas, que teve a disponibilidade e a vontade de me orientar, não só no Trabalho de Conclusão de Curso, mas para a vida toda; obrigado professor, o senhor é como meu segundo pai, obrigado.

E a todos que contribuíram para a minha formação e que infelizmente não pude citar.

RESUMO

LIMA, D. S. **Análise física e microbiológica de biomodelos produzidos em manufatura aditiva para uso de prótese e órteses em animais.** 2019. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – UniRV - Universidade de Rio Verde, Rio Verde 2019¹.

Cotidianamente estão acontecendo grandes avanços tecnológicos, nessa perspectiva a manufatura aditiva é um processo não tão recente; comercialmente está no mercado desde o ano de 1980 e sua tecnologia consiste na produção de objetos tridimensionais e da deposição de variados materiais em camadas. Com a ciência utilizada na impressão de materiais tridimensionais percebeu-se que os protótipos poderiam não consistir apenas em objetos de mesa, maquetes, mas podendo ser aplicados na área da saúde tanto humana quanto veterinária. E, por analogia, produzir próteses e/ou órteses para animais. Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados quatro tipos de filamentos: Poli - ácido Láctico (PLA), Polietileno Tereftalato modificado com glicol (PET-G), Poliuretano Termoplástico (TPU) e Acrilonitrila-Butadieno-Estireno (ABS) para a impressão de vinte biomodelos de cada material todos em forma de retângulo com 3 cm comprimento, 1 cm de largura, 0,5 cm de altura, totalizando oitenta peças de amostra para a análise microbiológica. Os materiais foram divididos em quatro tratamentos, com cinco repetições de cada material em cada tratamento. O grupo 1 (G1) com 5 repetições dos quatro materiais foi submetido ao tratamento em autoclave a 121°C por 15 minutos. O grupo 2 (G2), grupo 3 (G3) e grupo 4 (G4) colocou-se as cinco repetições de cada material em imersão nos respectivos tratamentos: Digluconato de Clorexidina 2% (G2), Álcool Etílico 70% (G3) e Glutaraldeído (G4). Em seguida foram enumeradas as Unidades Formadoras de Colônias (UFC) obtidas das culturas dos materiais; foi feita a análise morfológica e estrutural através do teste da coloração de Gram. Posteriormente o realizou-se a segunda parte do trabalho sendo impressos somente os filamentos PET- G, PLA e ABS, em formato de paralelepípedo com média de 50 cm de largura, e 49 cm de comprimento e 100 cm de altura para análises físicas de compressão, para o teste de tração os filamentos obtiveram formato de paralelepípedo com média de largura foi de 44,23 cm, comprimento médio de 81,03 cm e espessura média de 5,23 cm. Os polímeros analisados apresentaram-se adequados quanto análises microbiológica e física, para uso em prótese e órtese na medicina veterinária. Considerando que as peças impressas pela manufatura aditiva são aproveitadas de polímeros sustentáveis para o meio ambiente, sendo extraídos de matéria prima como garrafa pet, milho, celulose, cana de açúcar e outros, supõe-se que o preço da prótese ou órtese não tenha um alto valor aquisitivo.

PALAVRAS-CHAVE

Microrganismos, impressora 3D, material, resistência.

¹ Banca examinadora: Prof. Dr. Tiago Luís Eilers Treichel (Orientador); Prof. Me. Marcelo Augusto Rozan dos Santos – UniRV; Prof.^a M.e Débora Cabral Machado – UniRV.

ABSTRACT

LIMA, D. S. **Physical and microbiological analysis of biomodels produced in additive manufacturing for use of prosthesis and orthoses in animals.** 2019. 39f. Final Graduation Work (Graduation in Veterinary Medicine) - UniRV - University of Rio Verde, Rio Verde 2019¹.

Major technological breakthroughs are happening today, but additive manufacturing is not a recent process; Commercially it has been on the market since 1980 and its technology consists of the production of three-dimensional objects and the deposition of various layered materials. With the science used in the printing of three-dimensional materials, it was realized that prototypes could not only consist of tableware, mockups, but could be applied to both human and veterinary health. And by analogy, produce prostheses and / or orthoses for animals. For the development of this research, four types of filaments were used: Lactic Polyacid (PLA), Glycol Modified Polyethylene Terephthalate (PET-G), Thermoplastic Polyurethane (TPU) and Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) for printing twenty biomodels of each material all in the shape of a 3 cm long, 1 cm wide, 0.5 cm high rectangle, totaling eighty sample pieces for microbiological analysis. The materials were divided into four treatments, with five repetitions of each material in each treatment. Group 1 (G1) with 5 repetitions of the four materials was autoclaved at 121°C for 15 minutes. Group 2 (G2), group 3 (G3) and group 4 (G4) were immersed in the five replicates of each material in the respective treatments: 2% Chlorhexidine Digluconate (G2), 70% Ethyl Alcohol (G3) and Glutaraldehyde (G4). Next, the Colony Forming Units (CFU) obtained from the cultures of the materials were enumerated; morphological and structural analysis was performed by Gram stain test. Subsequently, the second part of the work was performed and only the PET-G, PLA and ABS filaments were printed, however in a parallelepiped format with an average of 50 cm wide and 49 cm long and 100 cm high for physical analysis. For the tensile test, the filaments had a parallelepiped format with an average width of 44.23 cm, an average length of 81.03 cm and an average thickness of 5.23 cm. The polymers analyzed were suitable for microbiological and physical analysis for use in prosthesis and orthosis in veterinary medicine. Considering that the pieces printed by the additive manufacturing are made of environmentally sustainable polymers, being extracted from raw materials such as pet bottle, corn, cellulose, sugar cane and others, it is assumed that the price of the prosthesis or orthosis does not have a price. high acquisition value.

KEY WORDS

Microorganisms, 3D printer, material, resistance.

¹ Examining Board: Dr. Tiago Luís Eilers Treichel (Advisor); Prof. M.e Marcelo Augusto Rozan dos Santos – UniRV, Prof. M.e Débora Cabral Machado – UniRV.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Ciclo do processo de prototipagem rápida	15
FIGURA 2	Plate Count Ágar utilizado na pesquisa.....	20
FIGURA 3	Materiais utilizados para desenvolvimento do projeto.....	20
FIGURA 4	Separação dos materiais tratados.....	21
FIGURA 5	Imersão dos materiais no tratamento com Digluconato de Clorexidina 2%...	21
FIGURA 6	Imersão dos materiais no tratamento com Álcool Etilico 70%.....	22
FIGURA 7	Imersão dos materiais no tratamento com Glutaraldeído.....	22
FIGURA 8	Inoculação de polímeros no meio de cultura.....	23
FIGURA 9	Inoculação de polímeros no meio de cultura.....	23
FIGURA 10	Incubação de placas em estufa para crescimento de microrganismos.....	23
FIGURA 11	Análise macroscópica da cultura com poliuretano termoplástico (TPU).....	24
FIGURA 12	Análise macroscópica da cultura com Acrilonitrila-Butadieno-Estireno.....	24
FIGURA 13	Cultura com polietileno tereftalato modificado com glicol	25
FIGURA 14	Análise macroscópica da cultura com Poli - ácido Láctico	25
FIGURA 15	Lâminas a serem coradas pelo teste de Gram.....	26
FIGURA 16	Imagem de microscopia óptica de Cocos Gram. Positivos.....	26
FIGURA 17	Imagem de microscopia óptica de Estreptococos Gram. Positivos.....	26
FIGURA 18	Imagem de microscopia óptica de Diplococos Gram. Positivos.....	27
FIGURA 19	Imagem de microscopia óptica de Estreptobacilos Gram. Positivos.....	27
FIGURA 20	Foto de máquina ensaios mecânicos comprimindo polímero.....	28
FIGURA 21	Imagem do gráfico da força de tração.....	32
FIGURA 22	Imagem do gráfico da força de tração pelo ensaio da fabricante 3DLAB.....	32
FIGURA 23	Imagem do gráfico e tabela da força do ensaio de força de compressão.....	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Análise macroscópica das colônias que se formaram nas placas de Petri	29
TABELA 2	Colônias que cresceram no meio de cultura, tratados com Digluconato de Clorexidina 2%.....	31
TABELA 3	Colônias que cresceram no meio de cultura, tratados com Álcool Etílico 70%.....	31

LISTA DE ABREVIACÕES

% - Porcentagem

3D – Computação gráfica tridimensional

ABS – Acronitila – Butadieno- Estireno

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

cm- Centímetros

“et al” – Expressão em latim que significa: “e outros”

G1 – Grupo 1

G2 – Grupo 2

G3 – Grupo 3

G4 – Grupo 4

Kgf/cm² - Quilograma-força por centímetro quadrado

kN – KiloNewton

Mpa – Megapascals

PET-G – Polietileno Tereftalato modificado com glicol

pH- Potencial Hidrogênico

PLA – Poli - ácido Lático

SISTEMA CAD – Desenho auxiliado por computador

TPU – Poliuretano Termoplástico

UFC – Unidade formadora de colônia

UV – Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 - Manufatura Aditiva.....	15
2.1.1 - Manufatura aditiva na área da saúde.....	16
2.2 - Polímeros.....	18
2.3 - Métodos químicos e físico de esterelização.....	19
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1 Separação por grupos de tratamento.....	21
3.2 Crescimento de cultura.....	23
3.3 Análise do crescimento microbiológico.....	24
3.4 Identificação microscópica das bactérias.....	25
3.5 Testes físicos de compressão e tração.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva é um processo que comercialmente está no mercado desde a década de 1980 e sua tecnologia consiste na produção de objetos tridimensionais, a partir da deposição de variados materiais em camadas. Proveniente das áreas de arquitetura e engenharia, cuja finalidade inicial era a criação de maquetes, presentes personalizados e protótipos industriais, a impressão 3D, consiste na construção de objetos físicos a partir de modelos digitais feitos no computador em *softwares* de desenho técnico, modelagem digital tridimensional ou escaneamento digital. Dependendo da qualidade e capacidade da impressora, o resultado se torna muito preciso e rico em detalhes.

Considerando-se esses avanços tecnológicos e, em especial, a ciência utilizada na impressão de materiais tridimensionais, percebeu-se que os protótipos poderiam consistir não apenas em objetos de mesa, maquetes, mas poderiam ser compartilhados com a área da saúde, tanto humana, quanto animal.

A partir disso, foram relatados protótipos de órteses de cascos de tartaruga, bico de tucanos e cascos de bovinos. Em testes atuais, estão sendo impressas peles sintéticas e tecidos para obtenção de órgãos, para que sejam implantados futuramente, tecnologia que fica restrita a grandes centros universitários ou grupos de pesquisa.

Por este motivo, objetivou-se, com o presente trabalho a realização de um estudo dos materiais mais acessíveis na impressão 3D, com análises microbiológicas e de resistência física das peças, para que futuramente estes biomodelos, de fácil obtenção, possam resultar em impressões de próteses e órteses para animais que necessitam de uma intervenção cirúrgica, obtendo implantes específicos para uma melhor sobrevivência.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

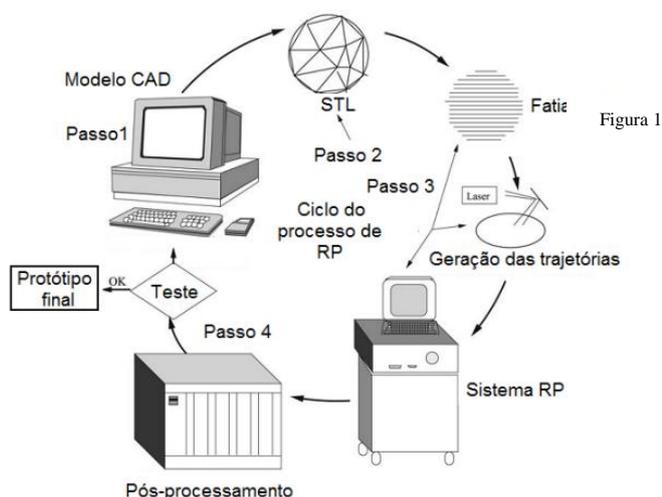
2.1 Manufatura aditiva

De acordo com Besko et al. (2017), a impressão 3D consiste em um processo no qual um modelo tridimensional é produzido em um sistema CAD (Desenho Auxiliado por Computador), sendo gerado um arquivo que logo é enviado para um sistema CAM (Manufatura Auxiliada por Computador) para ser "fatiado" em camadas; então é desenrolado de uma bobina um filamento termoplástico até a extrusora da impressora 3D.

A Manufatura Aditiva (MA) apresenta mais de 20 sistemas no mercado de produção por adição, todas elas se baseiam no mesmo princípio de fabricação por camadas planas a partir de um biomodelo virtual. A fabricação por adição de camadas permite construir geometrias complexas, sem o auxílio de ferramentas como moldes (SANTOS et al.,2018).

Para Gorni (2001), existem cinco processos básicos de uma prototipagem (Figura 1):

1. Criação de um modelo CAD da peça que está sendo projetada;
2. Transformação do arquivo CAD em formato STL, próprio para estereolitografia;
3. Fatiamento do arquivo STL em finas camadas transversais;
4. Construção física do modelo, empilhando-se uma camada sobre a outra;
5. Limpeza e acabamento do protótipo.



Fonte Adaptado: PANDEY et al. (2003).

FIGURA 1 - Ciclo do processo de prototipagem rápida.

2.1.1 Manufatura aditiva na área da saúde

De acordo com Mallmann (2018), a impressão 3D foi desenvolvida há mais de três décadas, por volta de 1984, na Califórnia (EUA), pelo engenheiro Chuck Hull. Hull trabalhava em uma fábrica que utilizava luz UV para aplicar finas camadas de plástico em mesas e móveis, produção que demorava quase dois meses para ser concluída. Insatisfeito com a demora, acreditava que se colocasse várias camadas de resina sobrepostas e gravasse com a mesma luz UV, teria um objeto em formato tridimensional. Sendo assim, passou a fazer testes em sua garagem. Um ano depois, atingiu o resultado desejado, patenteou o produto e logo conseguiu verba para a fabricação da impressora, sendo que em 1988 foi lançada a primeira versão da tecnologia.

A impressão 3D tem alcançado áreas na indústria automobilística, aeroespacial entre outras. A tecnologia tem se expandido nos últimos anos e espera-se que ela também revolucione a área da saúde. O uso médico da impressão em 3D, tanto real quanto potencial, pode ser organizado em várias categorias amplas, incluindo: fabricação de tecidos vivos e órgãos; criação e personalização de próteses, implantes e modelos anatômicos; e uso farmacêutico (MATOZINHOS et al., 2017).

A impressão de modelos 3D de órgãos, ossos e até mesmo tumores, já auxilia médicos no planejamento de abordagens cirúrgicas mais elaboradas e no diagnóstico, complementando exames vistos apenas em duas dimensões.

De acordo com Mallmann (2018), são consideradas próteses quaisquer aparatos permanentes que substituem total ou parcialmente um membro, órgão ou tecido. As próteses também se classificam como: internas ou implantadas (como por exemplo prótese articular, válvula cardíaca, ligamento artificial, entre outras); externas ou não implantadas (exemplo: prótese para membros); implantadas total ou parcialmente por ato cirúrgico ou percutâneo (exemplo: implante dentário).

Para Camargo (2017), as órteses por sua vez, são classificadas como uma peça permanente ou transitória, utilizada no auxílio de um membro, órgão ou tecido, auxiliando na deficiência do paciente ou impossibilitando o agravamento de uma deformidade. Podem ser classificadas em: internas ou implantadas (instrumental para estabilização de coluna, marca-passo) e externas ou não implantadas (talas, aparelhos ortopédicos, bengalas, muletas, coletes, aparelhos auditivos, óculos, lentes de contato, aparelhos ortodônticos).

De acordo com Lima (2003), tanto dentro da medicina veterinária, quanto da medicina humana, o conceito de imprimir vários exemplares de um produto não é necessário, pois a finalidade é gerar um modelo de protótipo individual para cada anomalia, analisando a anamnese e o quadro de cada paciente. Para que isso ocorra, o apoio de tomografia computadorizada, radiografia da patologia e a prototipagem rápida são de grande serventia.

Lage et al., (2016) comentam que atualmente, as pessoas estão valorizando e atribuindo mais importância aos animais de companhia, fazendo com que ocorra um avanço em tecnologia e sofisticação da medicina veterinária e criação de um novo segmento da clínica, responsável pela produção de próteses e órteses veterinárias.

Segundo Osorio et al. (2018), novas modalidades terapêuticas na área da ortopedia e traumatologia veterinária vem sendo desenvolvidas. Com o avanço tecnológico, o surgimento de impressoras 3D e a maior disponibilidade de materiais para a fabricação de dispositivos de suporte, houve um crescimento no campo da reabilitação animal, sendo possível oferecer novas opções de tratamento acometidos por lesões ortopédicas.

2.2 Polímeros

Conforme Franchetti e Marconato (2006) os polímeros formados durante o ciclo de crescimento de organismos vivos são denominados polímeros naturais. Os humanos utilizaram polímeros naturais, como lã, couro e borracha natural para elaboração de materiais úteis ao cotidiano (BROWN et al., 2005).

Para Brito et al. (2011) os biopolímeros são polímeros ou copolímeros produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis, tais como: milho, cana-de-açúcar, celulose, quitina e outras. As fontes renováveis são assim conhecidas por possuírem um ciclo de vida mais curto, quando comparado com fontes fósseis como o petróleo, que leva milhares de anos para se formar.

O Poli-ácido Láctico (PLA) é o principal filamento utilizado na manufatura aditiva. Trata-se de um poliéster alifático termoplástico, bicompartível e biodegradável, sintetizado a partir do ácido láctico obtido de fontes renováveis como amido de milho, raízes de mandioca, cana de açúcar e amido de batata (RESINEX, 2019).

Acrilonitrila-Butadieno-Estireno (ABS) é um copolímero obtido a partir de reações de três monômeros diferentes, sendo eles a acrilonitrila, o butadieno e o estireno, que se fundem e solidificam várias vezes. Desenvolvido para aplicações que necessitam de uma boa resistência ao impacto e um bom aspecto visual, é um dos plásticos mais indicados para a produção de carcaças de eletrodomésticos (FRANCISCO, 2016). De acordo com a fabricante Resinex (2019), o acrilonitrilo-butadieno-estireno é conhecido por sua fluidez, resistência ao impacto e resistência térmica que vai de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$. O ABS é resistente a ácidos aquosos, alcalinos, ácidos hidrocloreídricos e fosfóricos concentrados, álcoois e óleos animais, vegetais e minerais, mas é sensível a ácidos sulfúrico e nítrico concentrado. O ABS é solúvel em ésteres, cetonas, etileno diclorídrico ou acetona.

O poliuretano termoplástico (TPU) é um copolímero de bloco, formado através da reação de isocianatos e dióis, uma classe única de materiais que combinam as propriedades chave de processamento e reciclabilidade dos termoplásticos, com muitas das propriedades físicas das borrachas, tais como a elasticidade, baixa deformação permanente e elevada flexibilidade (RESINEX, 2019).

O polietileno tereftalato modificado com glicol (PET-G) tem uma boa resistência química, de fácil processamento, excelente brilho, utilizado em embalagens e armazenamento de produtos a -40 °C (RESINEX, 2019).

2.3 Métodos químicos e físico de esterilização

De acordo com Bertani et al. (2008), o equipamento consiste em uma câmara de aço inoxidável, com uma ou duas portas, contendo válvula de segurança, manômetro de pressão e indicador de temperatura. O processo de autoclavação destrói os microrganismos por desnaturação das proteínas. Para que isso ocorra, a autoclave deve atingir o ponto de ebulição da água, produzindo energia para aquecer o material atingindo níveis de pressão 15 libras/pol² maiores que a atmosférica, alcançando temperaturas próprias para esterilização 121°C a 135°C por 15 minutos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001).

O Digluconato de Clorexidina 2% é um germicida do grupo das biguanidas, apresenta maior efetividade com um pH de 5 a 8 e age melhor contra bactérias Gram-positivas do que Gram-negativas e fungos. Apresenta ação imediata e tem efeito residual, de baixo potencial de toxicidade e de fotossensibilidade ao contato, sendo pouco absorvida pela pele íntegra (MORIYA e MÓDENA, 2008).

O glutaraldeído tem atividade bactericida, virucida, fungicida e esporicida. A atividade biocida se dá por reação química de alquilação, alterando o DNA, RNA e a síntese proteica dos microrganismos. É indicado como esterilizante, com o tempo de exposição entre 8 e 10h. Pode ser utilizado para a esterilização de artigos termo sensíveis que não possam sofrer esterilização pelos processos físicos como: enxertos de acrílico, cateteres, drenos e tubos de poliestireno. Pode ser utilizado na descontaminação de artigos infectados, pois age na presença de matéria orgânica, não agride material de borracha ou plástico. No entanto pode ser corrosivo, apresenta toxicidade cutânea, celular, inalatória e libera vapores tóxicos, sendo considerado alergênico (BERTANI et al., 2008).

O álcool etílico 70% age desnaturando a proteína dos microrganismos, apresentando ação bactericida, tuberculicida, virucida, contudo não destrói esporos bacterianos. Ressalta-se sua baixa toxicidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa, utilizaram-se quatro tipos de filamentos: PLA (Poli - ácido Láctico), PET-G (Polietileno tereftalato), TPU (Poliuretano Termoplástico) e ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno). Foi realizada a impressão de 20 biomodelos de cada material, todos em forma de retângulo com 3 centímetros de comprimento, 1 cm de largura e 0,5 cm de altura, totalizando 80 peças de amostra, para a avaliação microbiológica. Foram impressos os mesmos filamentos, mas em forma de cilindro, com média de 50 cm de largura e 49 cm de comprimento e 100 cm de altura para análises físicas. Para ambas análises foram controlados os seguintes parâmetros para impressão dos biomodelos: densidade 100%, alturas de camadas 250 micron, a uma temperatura de 255°C centígrados de bico. Como métodos de esterilização foram utilizados autoclave, digluconato de clorexidina 2%, álcool etílico 70% e glutaraldeído 2%, placas de Petri (Figura 2) e materiais de laboratório (Figura 3).



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 2 - Plate Count Ágar utilizado na pesquisa.

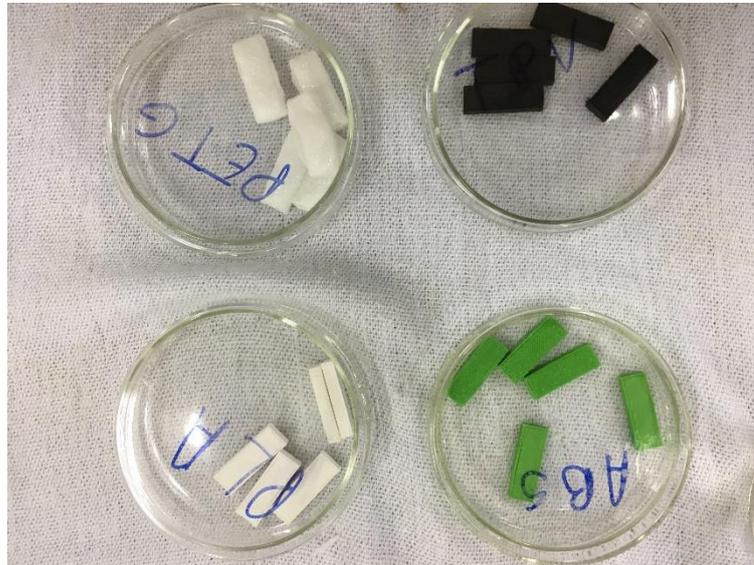


Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 3 - Materiais utilizados para desenvolvimento do projeto.

3.1 Separação por grupos de tratamento

Primeiramente, os materiais foram divididos em quatro tratamentos com cinco repetições de cada material, por tratamento (Figura 4).



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 4 - Separação dos materiais tratados.

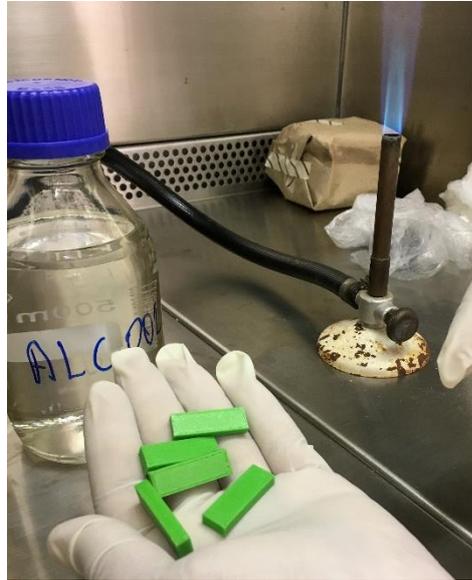
Para o primeiro grupo de teste (Grupo 1 ou G1), os materiais foram colocados em autoclave à 121°C por 15 minutos. Já para os testes do segundo grupo (G2), os materiais foram colocados em um recipiente com 1 litro de Digluconato de Clorexidine à 2%, em imersão por 8 horas em temperatura ambiente, dentro de uma bancada de fluxo laminar modelo (Figura 5).



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 5 - Imersão dos materiais no tratamento com Digluconato de Clorexidina 2%

No terceiro grupo (G3), os materiais foram colocados em um recipiente com 1 litro de álcool etílico 70%, em imersão por 8 horas em temperatura ambiente, dentro de uma bancada de fluxo laminar modelo (Figura 6).



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 6 - Imersão dos materiais no tratamento com Álcool Etílico 70%.

Por fim, para o quarto grupo (G4) os materiais foram colocados em um recipiente com 1 litro de Glutaraldeído, em imersão por 8 horas em temperatura ambiente, dentro de uma bancada de fluxo laminar modelo (Figura 7).



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 7 - Imersão dos materiais no tratamento com Glutaraldeído

3.2 Crescimento de cultura

Após realizada a esterilização na autoclave e desinfecção de acordo com as normas da (BRASIL, 2013) nos materiais dos demais grupos, realizou-se o procedimento de inoculação nas placas com ágar para contagem, conforme (Figuras 8 e 9), a fim de determinar-se as unidades formadoras de colônias (UFC). Ademais, as amostras foram incubadas em estufa, à uma temperatura controlada de 35 °C, durante 72 horas (Figura 10).



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 8 – Inoculação de polímeros no meio de cultura.



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 9 – Inoculação de polímeros no meio de cultura.

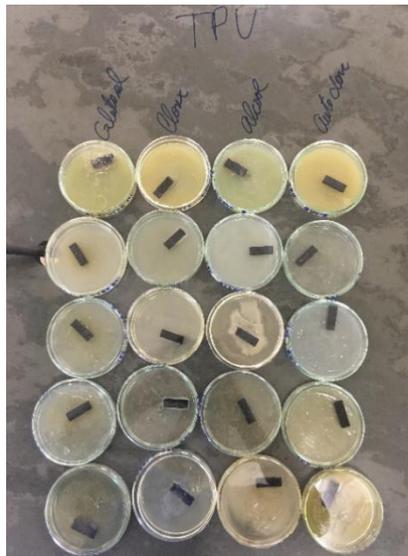


Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 10 - Intubação de placas em estufa para crescimento de microrganismos.

3.3 Análise do crescimento microbiológico

Decorrido o período necessário de incubação, as placas passaram por uma análise sem instrumentação óptica, com a finalidade de separar as placas que tiveram crescimento de microrganismos, das que não tiveram formação de colônias (Figuras 11, 12, 13 e 14).



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 11 – Análise macroscópica da cultura com Poliuretano Termoplástico (TPU).



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 12 – Análise macroscópica da cultura com Acrilonitrila-Butadieno-Estireno (ABS).



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 13 – Cultura com polietileno tereftalato modificado com glicol (PETG).

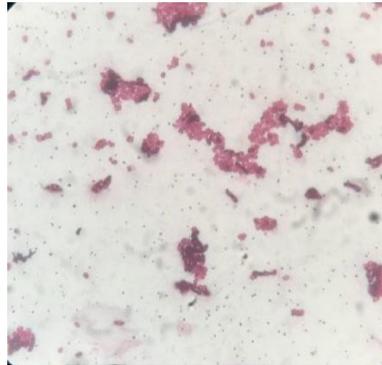


Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 14 – Análise macroscópica da cultura com Poli - ácido Lático (PLA).

3.4 Identificação microscópica das bactérias

Para a realização desta etapa, foram confeccionadas as lâminas para identificação das bactérias que se desenvolveram nas placas, por meio da coloração diferencial de Gram, posteriormente identificação das mesmas (Figuras 15, 16 17 e 18)



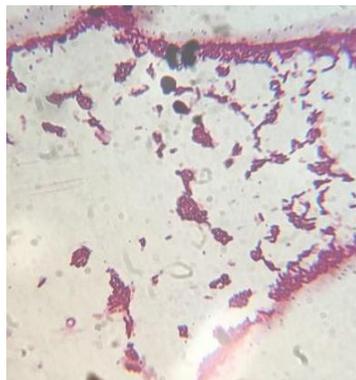
Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 15 – Imagem de microscopia óptica de cocos gram. Positivo.



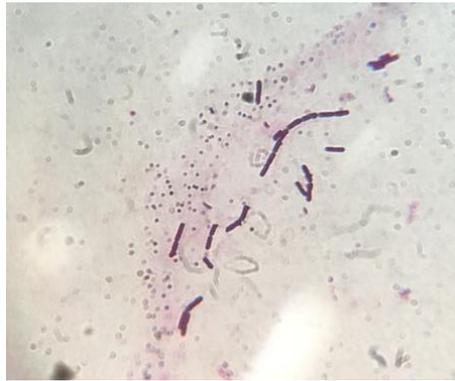
Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 16 – Imagem de microscopia óptica de Estreptococos gram. Positivo.



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 17 – Imagem de microscopia óptica de Diplococos gram. Positivo.



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 18 – Imagem de microscopia óptica de Estreptobacilos gram. Positivo.

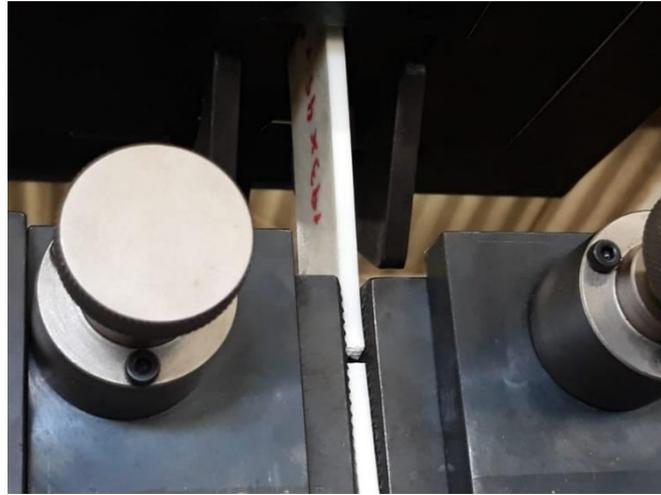
3.5 Testes físicos de compressão e tração

Com relação aos testes físicos, se analisou a resistência dos biomodelos impressos em forma de paralelepípedo, com as medidas variando de acordo com o teste realizado. Para o teste de compressão (Figura 19), os modelos tiveram média de largura de 49,51 cm, comprimento de 49,28 cm e 101,71 cm de altura; enquanto para o teste de tração (Figura 20) a média de largura foi de 44,23 cm, comprimento médio de 81,03 cm e espessura média de 5,23 cm. O teste foi realizado na Máquina Universal, usada para ensaios mecânicos de tração e compressão de acordo com a NBR5739 para compressão e a NBR6152 para tração, modelo EMIC 23-300, eletromecânica, microprocessada, marca INSTRON/EMIC, gentilmente cedida pela Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde.



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 19 – Foto de máquina de ensaios mecânicos comprimindo polímero PLA.



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

FIGURA 20 – Foto de máquina de ensaios mecânicos tracionando polímero PLA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho apresentado seguiu técnicas de esterilização de acordo com o (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001), e as diretrizes de detecção / identificação de bactérias de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2013). Considerando-se as condições em que o experimento foi realizado, pode-se perceber que nos métodos de esterilização por Autoclavação ou por meio do Glutaraldeído, não houve crescimento de colônias bacterianas em nenhum dos grupos de copolímeros.

TABELA 1 - demonstrativa de análise macroscópica de placas de Petri, mostrando o resultado da eficácia dos tratamentos por repetição, por material.

Produtos \ Tratamento	PLA	PET-G	ABS	TPU
Autoclave	-----	--	-----	-----
Digluconato de Clorexidina 2%	+ - + + +	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
Álcool etílico 70%	- - - + +	+ + + - -	- + + + -	+ - + - -
Glutaraldeído 2%	-----	-----	-----	-----

+ Houve crescimento de bacteriano.

- Não houve crescimento bacteriano.

Por meio desta Tabela, é possível analisar que o meio de tratamento mais eficaz para esterilização dos biomodelos 3D foram a Autoclave e o Glutaraldeído, sugerindo-se a ineficiência do Álcool Etilico e do Digluconato de Clorexidina 2%, como substância esterilizante.

Para Bertani et al. (2008), a autoclavação é o processo mais utilizado em hospitais e é o mais econômico para esterilização. Para avaliar esse tipo de método são necessárias as variáveis de tempo, temperatura e pressão, sendo que a combinação das mesmas leva ao alcance de temperaturas próprias para esterilização. Glutaraldeído: É indicado para desinfecção de alto nível em artigos termos sensíveis com tempo de exposição de 30 minutos em solução a 2%. Também é indicado como esterilizante, com o tempo de exposição entre 8 e 10h. Para Pires (2003), a autoclavação é o método de 1ª escolha tratando-se de esterilização por calor. Esta preferência se justifica por preservar a estrutura dos instrumentos metálicos e de

corde, por permitir a esterilização de tecidos, vidros e líquidos, desde que observados diferentes tempos de exposição e invólucros. Glutaraldeído 2% faz uma desinfecção de alto nível: destrói todas as formas vegetativas de microrganismos, inclusive *Mycobacterium tuberculosis*, vírus lipídicos e não lipídicos, fungos e uma parte dos esporos.

Os presentes resultados da análise microbiológica, mostram que os polímeros tratados com Álcool Etílico 70% e Digluconato de Clorexidina da 2% foram ineficazes para o presente trabalho, apresentado UFC nos quatro grupos de ambos tratamentos. Assim sendo, podem ser considerados ineficazes para desinfecção/esterilização do material a ser usado como prótese e/ou órtese em animais.

Clorexidina 2%: Para pele e mucosas usamos antissépticos, devido a flora residente. Os microrganismos da flora residente não são facilmente removíveis, entretando são inativados por antissépticos. As bactérias mais comumente encontradas são as Gram-positivas (*Staphylococcus*, *Streptococos*). Álcool etílico 70% faz uma desinfecção de médio nível: inativa o bacilo da tuberculose, bactérias na forma vegetativa, a maioria dos vírus e fungos, exceto esporos bacterianos (PIRES, 2003).

A ação da clorohexedina é germicida, melhor contra Gram-positivo e tem ação residual. O álcool etílico é bactericida, age coagulando a proteína das bactérias, fungicida e virucida seletivo, razão pela qual é usado na composição de outros antissépticos e não apresenta efeito residual (MORIYA e MÓDENA, 2008).

Neste presente trabalho se se preocupou em não apenas identificar o melhor tipo de tratamento para esterilização/desinfecção dos polímeros, mas a morfologia, o arranjo e o tipo de parede celular das bactérias para que, em caso de uma eventual contaminação da prótese ou órtese implantada no organismo, se saiba qual classe de antibiótico a ser utilizada. Para isso, foram coletados três UFC das cinco placas feitas, para que se realizasse a comparação dos microrganismos.

Classificação das bactérias quanto à forma, arranjo e parede celular, obtidas de colônias das placas:

TABELA 2 - Tipo de microrganismos que cresceram no meio de cultura, dos materiais tratados com Digluconato de Clorexidina 2%.

TRATAMENTO		BACTÉRIAS				
CLOREXIDINA	STREPTOCOCCUS	ESTAFILOCOCCUS	COCOS	BACILOS	DIPLOCOCOS	ESTREPTOBACILO
ABS 1	POSITIVO		POSITIVO		POSITIVO	
ABS 2	POSITIVO		POSITIVO		POSITIVO	
ABS 3						
TPU 1			POSITIVO			
TPU 2			POSITIVO			
TPU 3					POSITIVO	
PET - G 1	POSITIVO					
PET - G 2	POSITIVO					
PET - G 3			POSITIVO			
PLA 1	POSITIVO				POSITIVO	
PLA 2						
PLA 3			POSITIVO			

TABELA 3 - Apresenta as colônias que cresceram no meio de cultura, dos materiais tratados com Álcool Etílico 70% e sua conformidade de gram. Positivo ou Negativo.

TRATAMENTO		BACTÉRIAS				
ALCOOL	STREPTOCOCCUS	ESTAFILOCOCCUS	COCOS	BACILOS	DIPLOCOCOS	ESTREPTOBACILO
ABS 1	POSITIVO		POSITIVO		POSITIVO	
ABS 2	POSITIVO		POSITIVO		POSITIVO	
ABS 3			NEGATIVO	POSITIVO	POSITIVO	
TPU 1			POSITIVO	POSITIVO		POSITIVO
TPU 2	POSITIVO		POSITIVO			
TPU 3	POSITIVO		POSITIVO			
TPU 4	POSITIVO		POSITIVO			
TPU 5	POSITIVO		POSITIVO			
PET - G 1	POSITIVO		POSITIVO		POSITIVO	
PET - G 2	POSITIVO		POSITIVO		POSITIVO	
PET - G 3		POSITIVO	POSITIVO			
PLA 1	POSITIVO	POSITIVO			POSITIVO	
PLA 2	POSITIVO		POSITIVO			
PLA 3	POSITIVO	POSITIVO			POSITIVO	

Para os testes físicos, foram analisados três dos polímeros pesquisados neste trabalho: ABS, PLA e PET-G. Dentre os polímeros analisados, o que apresentou melhor resultado foi o polímero PLA, tanto no teste de compressão, quanto no teste de tração.

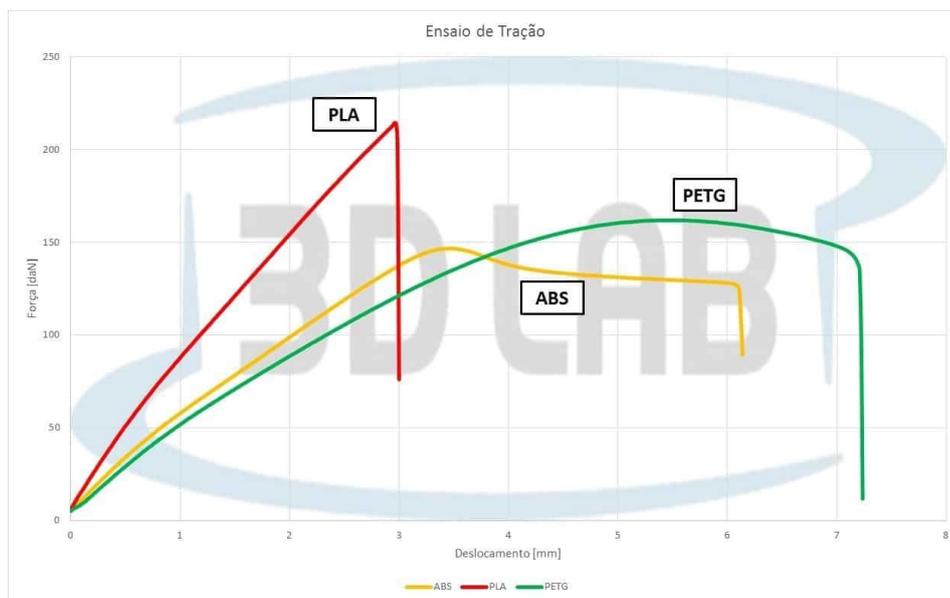
Outrossim a Figura 21 apresenta abaixo a força de tração máxima exercida sobre o corpo das amostras até o momento de sua ruptura, mensurando e comparando as grandezas entre si, utilizando a unidade de medida kgf/cm^2 .



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

FIGURA 21 - Imagem do gráfico e tabela da força do ensaio de força de tração.

A empresa 3DLAB fornecedora de biomodelos para impressão de manufatura aditiva, também realizou o mesmo teste com seus materiais fabricados comparando os seguintes polímeros: PLA, ABS e PETG, como demonstrado na Figura 22.

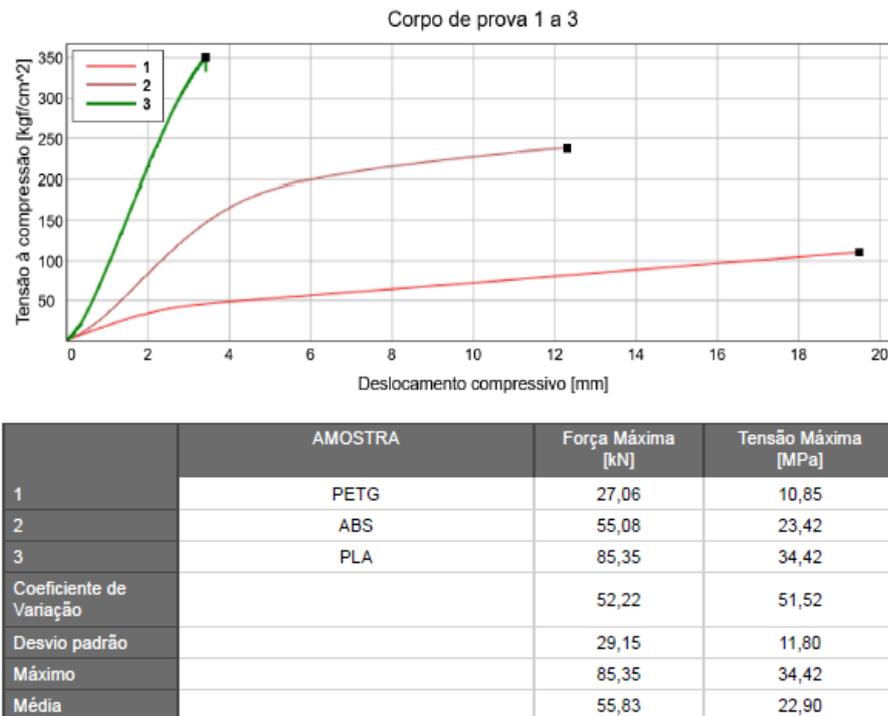


Fonte: Domínio Público

FIGURA 22 - Imagem do gráfico da força de tração pelo ensaio da fabricante 3DLAB.

De acordo com Portela, (2019) seus materiais testados como mostra o gráfico acima: O gráfico, vemos que o PLA é o material que suportou maior carga estática, 215daN, ou aproximadamente 215kg de força. Porém, ele não tem grande deformação antes do rompimento, ou seja, ele é pouco dúctil. Possui temperatura de fusão baixa, de 180°C. Ou seja, a partir de 60°C as moléculas internas começam a se mover e a peça começa a “amolecer”. Melhor dureza superficial, 85 Shore D, significa que é o material que mais suporta desgaste superficial, ou atrito. Porém, pensando em acabamento posterior com lixa, será o menos “lixável”. O ABS suportou menos carga estática. Porém, ele tem um período de deformação bem maior, ou seja, é um material mais dúctil. Em 100daN ele deformou 2mm, o que o coloca em uma categoria de material interessante no aspecto de absorção de carga. Possui a maior temperatura entre os materiais testados, em torno de 100°C. Sua dureza superficial baixa em relação aos demais desqualifica-o para utilização em peças que necessitam contato. Porém, isso o torna muito fácil de lixar e conseqüentemente possui uma certa facilidade em acabamento (pode utilizar acetona pura para acabamento superficial). Foi o material com a maior temperatura no ensaio HDT, podendo ser exposto ao sol. O PETG foi claramente o material mais nobre dos testados. Suportou 162kg aproximadamente, porém absorveu 7,2mm de deformação antes de sua ruptura. Comparado ao ABS ele suporta mais carga e é mais dúctil. Comparado ao PLA, não suportou tanta carga, porém aceitou uma deformação bem grande. Associado a boa resistência mecânica, possui uma resistência a temperatura que suporta exposição ao sol. Para uma boa aderência na mesa, não precisa aquecer muito, em torno de 85°C, podendo ser impresso até em mesa fria. Seu Warp é baixo, possibilitando a utilização em impressora aberta. Sua dureza superficial é baixa, o que gera um acabamento por lixa tão bom quanto o ABS. Quimicamente, o PETG é um material muito resistente, o que dificulta o acabamento pelos produtos como acetona. Porém, para o transporte ou contato de materiais químicos ele é o mais indicado, além de ser o único com a documentação de Material Food Safety, no qual pode entrar em contato com alimentos, lembrando que após ser impresso, ele adquire as impurezas do processo.

O aparelho também realizou o teste de compressão nos materiais, até o momento de seu deslocamento, de acordo com a Figura 23, abaixo.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

FIGURA 23 - Imagem do gráfico e tabela da força do ensaio de força de compressão.

A força exercida sobre o PLA foi de 85,35 kN, ou seja, cerca de 8 toneladas e 700 quilogramas no teste de compressão, enquanto no ABS a força exercida foi de 55,08 kN e no PET-G de 27,06 kN. Ainda com relação a este teste, os dois últimos materiais apresentaram uma quebra na resistência com 5.516,6 kgf/cm² e 2.759,35 kgf/cm², respectivamente. No teste de tração, a força exercida no PLA foi de 351,82 kgf/cm², seguido do ABS com 162,97 kgf/cm² e o PET-G com 130,53 kgf/cm².

A empresa filament2print que fornece filamentos de polímeros também fez uma comparação do PETG e o PLA, os materiais mais usados na impressão 3D.

A nível mecânico, o PETG tem um melhor comportamento, com um módulo de elasticidade muito superior ao PLA, mas como desvantagem, o PETG é mais facilmente riscado. Na confecção de peças externas, o PETG é mais resistente à ação do sol, da chuva e do frio, embora existam soluções para peças impermeáveis feitas com PLA. Ao imprimir partes complexas com suportes, geralmente é mais fácil com o PLA, devido à maior dificuldade de remoção dos suportes do PETG devido à sua alta aderência entre camadas. Tanto o PLA como o PETG podem ser impressos com uma base fria com a ajuda de algum tipo de adesivo, mas é aconselhável usar uma base quente especialmente para peças grandes com PETG (60-80°C).

O ABS é o plástico por excelência no mundo da indústria quando se trata de criar caixas ou peças externas de qualquer tipo, geralmente destinadas ao manuseio constante. O ABS oferece dureza, resistência a certos elementos químicos, rigidez e estabilidade a uma temperatura elevada (100°C).

Cabe ressaltar que um animal que precise de uma prótese ou órtese tem uma massa corporal que varia conforme sua espécie, raça, sexo, tamanho e outras variáveis. Com esta análise física, se demonstrou que os polímeros analisados apresentam resistência suficiente para serem empregados na rotina veterinária, pelo fato de que os animais atendidos e que, por ventura venham precisar de uma prótese ou órtese, não possuem massa corporal para fazer uma compressão acima de oito toneladas ou tração de centenas de quilos.

5 CONCLUSÃO

Analisando os resultados alcançados neste projeto e levando-se em consideração as condições em que foram realizados, conclui-se que os polímeros estudados são satisfatórios e eficazes, quanto aos aspectos microbiológicos e físicos, para obtenção de próteses e órteses em medicina veterinária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTANI, N.G.; OLIVEIRA, T.A.; ALVERNAZ, S.S. Análise qualitativa entre os métodos químicos e físicos de esterilização. **Revista Educação Meio Ambiente e Saúde**, v. 3, n. 1, p. 223 -227, 2008.

BESKO, M.; BILYK, C.; SIEBEN, P.G. Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D. Gestão, tecnologia e inovação. **Revista Eletrônica dos Cursos de Engenharia**, v. 1, n.3, p. 9-18, 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Microbiologia clínica para o controle de infecção relacionada à assistência à saúde**. Módulos 01 – 08. Detecção e identificação de bactérias de importância médica /Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: ANVISA, 2013. Módulo 06, v. 9, 150p.

BRITO, G.F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E.M.; MÉLO, T.J.A. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 6.2, p. 127 –139, 2011.

BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 2005. Cap. 12, p. 418-430.

CAMARGO, T.A. **Custos de órteses, próteses e materiais especiais não contemplados no sistema único de saúde (sus) em hospital de ensino brasileiro**. 2017. 99f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2017.

FILAMENT2PRINT. **PETG vs PLA**. 2019. Disponível em: <https://filament2print.com/pt/blog/50_petg-vs-pla.html>. Acesso em: 13 de novembro de 2019.

FRANCHETTI, S.M.M.; MARCONATO, J.C. Polímeros biodegradáveis-uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 811-816, 2006.

FRANCISCO, B. M. **Simulação no processo de injeção utilizando software moldflow**. 2016. 40f. TCC(Graduação) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2016.

GORNI, A.A. Introdução à prototipagem rápida e seus processos. **Plástico Industrial**, v. 1, n. 1, p. 230-239, 2001.

LAGE, M.H.H.; LAMOUNIER, A.R.; PERTENCE, A.E.M. Desenvolvimento de uma metodologia de fabricação de próteses e órteses para cães. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, 25., 2016, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEB, 2016. p. 908-911.

ULBRICH, C.B.L. **Engenharia reversa e prototipagem rápida: estudo de casos**. 2003. 92p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas/ Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2003.

MALLMANN, T.S. **O uso de impressão 3d no auxílio às pessoas usuárias de órteses: um projeto de design focado em tecnologia assistiva**. 2018. 112f. TCC (graduação) - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2018.

MATOZINHOS, I.P.; MADUREIRA, A.A.C.; SILVA, G.F.; MADEIRA G.C.C.; OLIVEIRA, I.F.A.; CORRÊA, C.R. Impressão 3D: Inovações no campo da Medicina. **Revista Interdisciplinar Ciências Médicas – MG**, v. 1, n. 1, p. 143-162, 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretária de Assistência à Saúde. **Coordenação geral das Unidades Hospitalares Próprias do Rio de Janeiro**. Orientações Gerais para central de esterilização / Ministério da Saúde, série A normas e manuais técnicos, nº 108, Brasília - DF, 2001. p. 56.

MORIYA, T.; MÓDENA J.L.P. Assepsia e antissepsia: técnicas de esterilização. **Medicina**, v. 41, n. 3, p. 265-73, 2008.

OSORIO, F.E.; COLORADO, S.J.; CORTEZE, A.A.; RUBIO, J.C.C; REZENDE, C.M.F. Desenvolvimento de dispositivos ortopédicos por manufatura aditiva para animais de companhia com deficiências na locomoção. **Investigação**, v. 17, n. 14, p. 19, 2018.

PANDEY, P.M.; REDDY, N.V.; DHANDE, S.G. Slicing procedures in layered manufacturing. **Rapid Prototyping Journal**. v. 9, n. 5, p. 274-288, 2003.

PIRES, L.C.; OPPERMANN, C.M.; **Manual de Biossegurança para serviços de saúde**. Porto Alegre: PMPA/SMS/CGVS, 2003. 80p.

PORTELA. S. **Conheça as propriedades técnicas dos materiais para impressora 3D. 3DLAB**. Disponível em: <<https://3dlab.com.br/propriedades-dos-materiais-para-impressora-3d/>>. Acesso em: 13 de novembro de 2019.

RESINEX. **ABS – acrilonitrilo-butadieno-estireno**. Disponível em: <<https://www.resinex.pt/tipos-de-polimeros/abs.html>> . Acesso em: 22 de setembro de 2019.

SANTOS, M.A.R.; TOKIMATSU, R.C.; TREICHEL, T.L.E. Estudo de caso: a utilização de biomodelo no planejamento de órtese para tratamento de laminite bovina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 23., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: IPEN, 2018. p. 8706-8717.