



DESENVOLVIMENTO DE UMA CADEIRA DE RODAS REGULÁVEL E DE BAIXO CUSTO PARA CÃES COM PARAPRESIA USANDO IMPRESSÃO 3D

Lohanna Paiva, lohanna.ufu@gmail.com¹
Alexandre Zuquete Guarato, azguarato@ufu.br¹
Vinícius Sousa, vinicius.sousa@ufu.br¹
Felipe Chagas Rodrigues de Souza, felipechagas@ufu.br¹

¹Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Av. João Naves de Ávila, 2121.

Resumo. Assim como humanos, cães também podem desenvolver os mais diversos problemas de saúde – e podem até mesmo precisar de cadeiras de rodas. A cadeira de rodas para cachorro funciona como um suporte para aqueles que têm dificuldades de locomoção ocasionados tanto na parte frontal quanto traseira, ou ambos. Existe uma grande variedade de cadeira de rodas no mercado das mais diversas faixas de preços além daquelas que são confeccionadas a partir de materiais improvisados, como canos, rodinhas de brinquedos e diversos materiais reciclados, devido, sobretudo, aos seus baixos custos. Porém, esses aparelhos improvisados podem ter desempenho comprometido e não atenderem às necessidades do animal, até mesmo causarem lesões por não serem devidamente adaptados. Entretanto, nem mesmo as que são encontradas no mercado contemplam todas as necessidades do animal além de poderem lesionar o animal também. Desta forma, o problema a ser resolvido por meio deste projeto proposto é produzir uma cadeira de rodas que possa ser regulável para os membros posteriores de cães de forma a abranger os mais variados tamanhos, pesos e raças.

Palavras chave: Cadeira de rodas. Parapresia animal. Impressão 3D. Inovação.

1. INTRODUÇÃO

A relação de parceria entre humanos e animais domésticos subsiste há milhares de anos; porém, infelizmente, devido a problemas como deficiências locomotoras temporárias ou permanentes relacionadas a doenças, idade ou a acidentes tornam alguns desses animais dependentes de seus tutores. Segundo Diniz-Gama (2007), os cães representam a maior parcela dentre animais domésticos correspondendo a 96,2% enquanto gatos correspondem a apenas 3,8%. Além disso, Wenkel (2001) afirma que os membros pélvicos são, aproximadamente, duas vezes mais expostos a lesões do que os torácicos.

Através de consultas com veterinários, exames laboratoriais, ultrassonografias, radiografias, dentre outros procedimentos, é possível avaliar a gravidade das lesões e identificar o melhor tratamento a ser adotado pelo profissional responsável. Em alguns casos, uma cadeira de rodas devidamente projetada pode auxiliar na mobilidade do cão com problemas de locomoção e proporcionar-lhe uma vida mais confortável (Tilghman, 2015).

Atualmente, não existem muitos estudos acadêmicos envolvendo cadeiras de rodas para animais, mas em contrapartida existem diversos modelos à venda, não ajustáveis e muito caros. Essas não oferecem o benefício de exercitar ou mover as pernas traseiras em um movimento circular natural, muito menos dão suporte de peso enquanto os membros posteriores estão na cadeira de rodas. Além disso, existem diversos vídeos e tutoriais que ensinam a manufaturar cadeiras de rodas utilizando materiais improvisados devido aos seus baixos custos. Entretanto, esses aparelhos além de não atenderem às necessidades do animal podem ter seu desempenho comprometido, até mesmo causarem lesões por não serem devidamente adaptados.

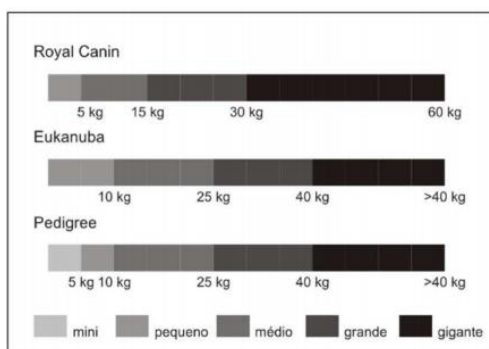
O objetivo da presente pesquisa é propor as diretrizes necessárias para a construção de cadeiras de rodas eficientes para animais com paralisia nos membros pélvicos a partir da técnica de Prototipagem Rápida com a finalidade de assegurar maior conforto e melhor funcionalidade além com menores tempo de manufatura e custos. Outras características do projeto incluem: material leve, fácil de ajustar, compacto, à prova de corrosão, capacidade de cão para usar o banheiro enquanto em cadeira de rodas, estrutura forte e estabilidade para evitar o depósito. Em suma, para garantir o sucesso deste projeto a amplitude de movimento de um ciclo da perna do cão deve ser uma reprodução aproximada de um ciclo saudável da marcha canina e as rodas da cadeira de rodas devem girar com o sistema de pedalada para permitir o movimento das pernas traseiras

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Dimensões e categorias de tamanho para cães

Segundo Klein (2012) não existe informações dentro da bibliografia veterinária que contemplem uma definição precisa para as categorias de tamanho para cães. Porém, existem dentro da literatura várias informações que categorizam os cães em relação ao seu peso e tamanho. A Fig. 2 mostra a comparação entre a classificação de porte dada por 3 produtoras de ração caninas entre elas de acordo com o peso:

Figura 1. Porte de cães (Adaptado de Klein, 2012)



Além disso, foram realizadas pesquisas em artigos e via formulário no *GoogleForms* para encontrar as medições de diversos tamanhos de forma a encontrar uma média entre a variedade de raças, tentando abranger o maior número possível de animais. Para a elaboração do projeto foram necessárias três medidas: altura na cernelha, largura do animal e peso. Na Tab. 1 é possível ver a média de algumas raças, e na Tab. 2 e na Fig. 2 se encontra a média dos parâmetros necessários levando em conta pesquisas feitas nas medidas das cadeiras comercialmente disponíveis.

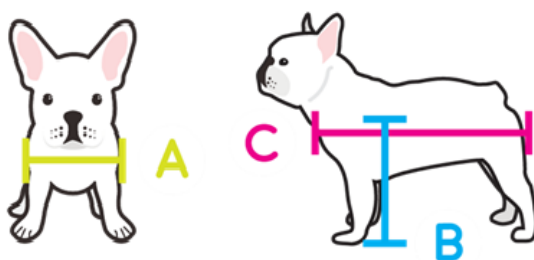
Tabela 1. Alturas e pesos das raças caninas (Adaptado de AKC, 2015)

Raças	Altura na cernelha [cm]	Peso [kg]
Dachshund	20 – 23	7 – 15
Chihuahua	12 – 21	1 – 3
Labrador Retriever	56	25 – 32
Wolfhound Irlandês	76+	48
Mastiff	69+	70

Tabela 2. Média de parâmetros anatômicos e capacidade máxima

Tamanho da Cadeira	Altura na cernelha [cm]	Quadril ao comprimento do ombro [cm]	Largura [cm]	Máxima Capacidade [kg]
Pequeno	13 – 35	15 – 25	150 – 200	18
Médio	35 – 50	25 – 38	200 – 300	32
Grande	50 – 69	38 – 51	300 – 400	50

Figura 2. Dimensões para confecção de uma cadeira de rodas para cães (Adaptado de figopetinsurance.com)



*Largura(A), Altura na cernelha (B), Quadril ao comprimento do ombro(C)

2.2. Principais condições que levam cães à paralisia

Um animal pode apresentar deficiências locomotoras pelas mais diversas razões, da mesma forma que existem inúmeras maneiras para auxiliá-lo em sua recuperação (Animal Wellness, 2016). Segundo Aguiar, *et al.*, 2014a, a deficiência motora pode ser consequência de fatores traumáticos, fisiológicos ou genéticos.

Aguiar, *et al.*, 2014b, define a marcha normal de um animal consiste no movimento para frente com eficiência, com um mínimo de gasto de energia durante a atividade, sem causar quaisquer incômodo, dor ou fraqueza muscular. Qualquer desvio deste mínimo pode ser considerado um padrão anormal a marcha o que pode tornar o animal deprimido, sofrer de ganho de peso, fraqueza e até desenvolver atrofia muscular devido à falta de exercícios, tornando-o cada vez mais imóvel. Assim sendo, a cadeira de rodas pode proporcionar maior independência e qualidade de vida a esses animais, permitindo que muitos pulem sobre obstáculos e até consigam nadar, e seu uso será indicado por veterinários, após o entendimento da patologia. Esses profissionais verificarão a necessidade de uso da cadeira de rodas pelo animal, e se será de maneira permanente ou provisória (Pancotto, 2015). Algumas lesões de origem traumática podem ser solucionadas com fisioterapia, medicação e cirurgias corretivas, dispensando o uso permanente do aparelho.

Essas cadeiras de rodas podem ser compradas e encomendadas com empresas especializadas, que projetam cada aparelho para atender à determinada necessidade. Porém, também existem tutoriais disponíveis na internet para quem deseja confeccionar um modelo com um custo reduzido, em casa, com materiais como tubos e conexões de policloreto de vinila (PVC) e até mesmo com peças obtidas através de tecnologias de Prototipagem Rápida.

Segundo estudos realizados por Gama, *et al.*, 2015, envolvendo mais de 1203 cães e 47 gatos, oriundos de diversas regiões do Brasil, as doenças mais frequentes em cães com dificuldade de locomoção foram as lesões medulares e a doença de disco intervertebral. A lesão medular como maior causa de dificuldade de ambulação pode ser sugestiva de traumatismos, apesar de outras enfermidades, como discopatia, tromboembolismo fibrocartilaginoso, sequelas de cinomose, mielopatias inflamatórias e neoplasias também serem possíveis causadoras de lesões medulares. Esse resultado é mostrado na Tab. 1.

Tabela 3. Porcentagens de ocorrências para cada tipo de lesão responsável pelas dificuldades de locomoção de cães e gatos, baseadas em exames físicos e/ou diagnóstico por imagem (Adaptado de Gama et al., 2015)

Lesões	Cães	Gatos
Lesão medular	30,97 ^{*a}	68,85 ^{*a}
Doença de disco intervertebral	34,26 ^{*b}	7,14 ^b
Causa desconhecida	15,82 ^c	16,67 ^b
Displasia coxofemoral	9,13 ^d	0
Espondilose	7,61 ^d	0
Sequela de cinomose	6,27 ^d	-
Amputação	1,97 ^d	0
Congênita	1,79 ^d	9,25 ^b

*Diferenças entre cães e gatos para cada tipo de lesão. Letras minúsculas expressam diferenças entre os tipos de lesões dentro de cada espécie, onde a > b > c > d

2.3. Cadeira de rodas e a reabilitação de cães paralisados

O uso da cadeira de rodas traz um benefício substancial para o cuidado de cães permitindo um suporte mais adequado dos membros, proporcionando mais independência conferindo ao animal uma postura quadrúpede, diminuindo a incidência de lesões por decúbito e facilitando a manutenção da higiene. Entretanto, devido a erros na confecção da cadeira, é comum a ocorrência de úlceras nas patas por pressão quando o cachorro raspa a mesma arrasta pelo chão.

2.4. Manufatura Aditiva

A Manufatura Aditiva (MA) é uma ferramenta utilizada para a obtenção de protótipos físicos por meio de um modelo tridimensional digital através de um processo aditivo construtivo de sucessivas camadas finas de materiais específicos, tais como plásticos, cerâmicas, aços e papéis, dentre outros. Uma das vantagens da MA é a realização de modelos e protótipos de maneira rápida e precisa evitando desperdício de material e além do bom custo-benefício.

Diante desses benefícios, essa técnica foi amplamente aceita pela indústria por permitir a criação de formas com grandes complexidades sem alterar a qualidade do produto final, o que outros processos não permitem ou são onerosos demais para obter um mesmo resultado.

2.5. Manufatura Aditiva e a Medicina Veterinária

Pelo seu nível de precisão, a MA pode ser utilizada na confecção de próteses que podem minimizar efeitos colaterais ou psicológicos no animal amputado/lesionado levando em conta seu peso mesmo eles estando em fase de crescimento. Devido ao baixo custo e rapidez, é possível produzir com a tecnologia de MA próteses sob demanda mesmo elas tendo geometrias altamente complexas e personalizadas. Um exemplo disso, como pode ser visto na figura 3, foi o desenvolvimento de um projeto de um bico para um tucano. Moldes de gesso do bico foram escaneados em 3D de forma a obter modelos virtuais dos mesmos, ou seja, foi realizado o processo de engenharia reversa (Guarato et al., 2016; Guarato et al., 2018). Em seguida os modelos tridimensionais foram fabricados utilizando uma impressora 3D. Foi necessária uma boa precisão de ajuste e de geometria de encaixe do bico o que comprova o sucesso da utilização dessa tecnologia na aplicação de próteses.

Figura 3. Modelos virtuais e tucano com prótese implantada (Da Silva & Rodrigues, 2014)



Diante disso, a MA é capaz de fornecer soluções mais precisas, adaptadas e econômicas, proporcionando o desenvolvimento de equipamento mais personalizados, sendo uma opção para a produção de cadeiras de rodas mais baratas e eficientes do que as versões disponíveis no mercado.

3. METODOLOGIA

A metodologia escolhida foi o método projetual desenvolvido, pelo seu detalhamento e possuir etapas bem definidas que servem como base para elencar as diretrizes para a resolução do problema proposto, como pode ser vista abaixo. O método proposto por Munari é dividido em doze etapas, será adaptado para essa pesquisa, sendo nele inclusas nele mais três fases consideradas relevantes para atingir os objetivos do projeto, sendo elas a inclusão de entrevistas com os tutores dos cães cadeirantes, a inclusão de uma etapa de estudo de caso para melhor entendimento sobre os métodos adotados na confecção doméstica de cadeiras de rodas para animais contribuiria com informações relevantes para a pesquisa e a inclusão das diretrizes para a confecção de cadeiras com peças impressas.

Figura 4. Etapas do método proposto (Adaptado de Munari, 1981)



Sobre os custos da produção de cadeiras com peças impressas em 3D, é importante ressaltar que o cálculo do valor desses modelos foi baseado no insumo utilizado, comprado exclusivamente para a confecção das cadeiras; porém, a energia despendida no processo não foi contabilizada, já que os modelos serão produzidos em laboratórios da Universidade Federal de Uberlândia - UFU.

4. IDENTIFICAÇÃO DOS REQUISITOS DOS USUÁRIOS

Após uma coleta de dados realizados via formulário do *GoogleForms* e entrevistas, foram identificadas as seguintes necessidades levando em conta segurança, funcionalidade, ergonomia, usabilidade e materiais, que foram utilizadas no desenvolvimento deste projeto.

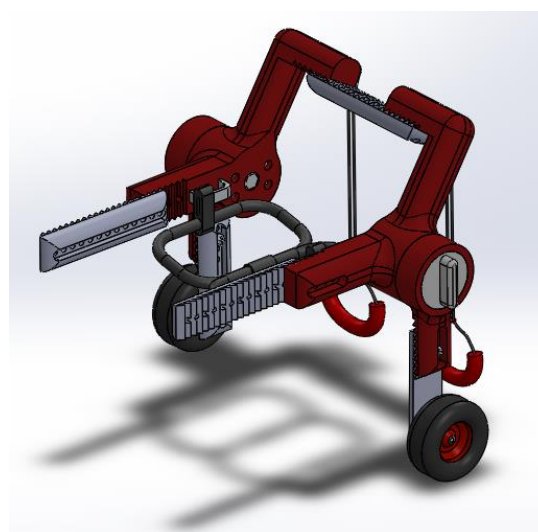
Tabela 3. Necessidades dos usuários

Necessidades	
1	Não provocar estresse no cão
2	Ser leve
3	Ser de fácil regulagem
4	Permitir posição de repouso voluntário
5	Permitir que o cão faça suas necessidades sem sujar a cadeira ou a si mesmo
6	Ser fácil de colocar e retirar do cão
7	Possuir segurança para as patas paralisadas não se machucarem
8	Ser fácil de limpar
9	Ter custo acessível
10	Ser fácil de transportar
11	Ser durável
12	Ser utilizada em diversos tipos de terreno

5. RESULTADOS PRELIMINARES

O conceito inicial da cadeira surgiu durante alguns rascunhos desenvolvidos durante uma sessão de *brainstorming* tentando seguir as necessidades do usuário definidas previamente, posteriormente o design do modelo desenvolvido foi realizado no *software SolidWorks*®, como pode ser visto na Fig. 5. Os modelos foram montados utilizando uma série de posicionamentos que travavam cada parte de sua respectiva localização.

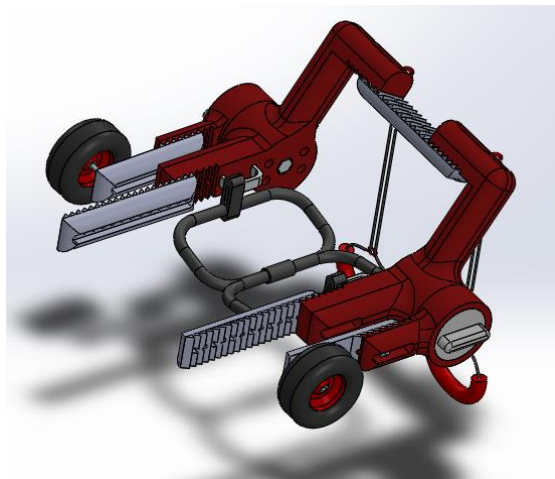
Figura 5. Conceito de design de uma cadeira de rodas para cães



Uma das principais preocupações a serem atendidas é a utilização de um sistema de repouso, que permitisse que a cadeira possa ficar na posição horizontal ou vertical, sem exigir das patas posteriores, dependendo da adaptação do animal, como pode ser observado na Fig. 6. O sistema é composto por uma mola de torção ajustável, que concede as propriedades elásticas necessárias para a sua deformação e conservação de energia além de uma carenagem externa, composto por um

tubo circular onde armazena o sistema de mola e um sistema que permite o ajuste da altura da barra extensora. Outra função apresentada pelo botão de ajuste é que, dependendo do peso do animal, esta pode ser rotacionada para fornecer mais ou menos pressão na mola interna, e assim, gerando a força necessária para erguer o animal.

Figura 6. Sistema de repouso



Diante disso, outra necessidade a ser atendida é o sistema de suporte para proporcionar a suspensão dos membros traseiros do animal, protegendo-os de possíveis atritos e lesões. Para isso, os arreios posteriores seriam confeccionados de uma tira de nylon que passa por dentro de um tubo de espuma formando um laço envolta da pata, sendo preso em um mosquetão de alumínio que se prende na parte posterior da cadeira. Esse sistema, por ser removível, permite que ela se adapte a diferentes tipos de lesões posteriores, sendo dispensáveis no caso do animal possuir reflexos nos membros,

A regulagem, sobretudo na largura, comprimento e altura do aparelho, permite a melhor adequação do modelo ao animal e, conseqüentemente, proporcionará melhor desempenho e conforto. Em casos em que o animal não possui movimentação nos membros pélvicos, a presença de suportes pode protegê-lo de atritos e lesões contra o solo. Uma das principais preocupações foi o desenvolvimento de um conceito de trava que permitisse os ajustes necessários da cadeira de forma eficiente sem escorregar ou perder a estabilidade.

O quadro do modelo será regulado por um sistema de travas com a parte externa arredondada de forma a evitar desconforto no animal. Esse mecanismo permitirá que o mesmo seja regulado em três dimensões: altura, comprimento e largura dentro das classificações, como pode ser mostrado na Tab. 4. A regulagem dessas dimensões será feita com a utilização de parafusos, introduzidos nos furos das travas. A coleira do animal podera ser presa no dispositivo.

Tabela 4: Parâmetros da faixa de dimensão da cadeira de rodas e ajustabilidade

Cadeira	Parâmetro	Contraída	Extendida	Ajustabilidade
Pequeno	Altura	4,00	8,50	4,50
	Largura	4,00	8,00	4,00
	Comprimento	5,50	10,50	5,00
Médio	Altura	10,00	18,50	8,50
	Largura	8,00	14,50	6,50
	Comprimento	16,30	22,60	6,30
Grande	Altura	15,50	24,00	7,50
	Largura	8,00	14,50	6,50
	Comprimento	16,30	22,50	6,20

O design de cada cadeira de rodas tem um sistema de 24 pontos onde a cadeira pode ser ajustada, sendo oito para largura, doze para altura e quatro para comprimento. Como nenhum componente é permanentemente fixo é possível trocar as peças quando necessários.

Para a escolha do material dos componentes, os quais serão desenvolvidos por impressão 3D, foi realizado uma pesquisa para avaliar os materiais mais utilizados no processo. Diante disso, escolheu-se o Acrinitrila Butadieno Estireno (ABS), que apresenta um ótimo custo-benefício, ótima rigidez e boa resistência a impactos e grande dureza (Miranda *et al.*, 2019; Carneiro, *et al.*, 2019; Rosa, *et al.*, 2019a; Rosa, *et al.*, 2019b). Desta forma, este material permite uma pequena deformação ou flexão da peça e grande resistência ao desgaste, características importantes para estruturas que necessitem de encaixes em sua montagem e que estão sujeitas a altas cargas e impactos.

Estes são resultados preliminares. O projeto continuará a evoluir e, posteriormente, a cadeira de rodas será testada em um animal da cidade de Uberlândia.

3. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Laboratório de Acústica e Vibrações pela disponibilização da impressora 3D e a Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio técnico e científico.

4. REFERÊNCIAS

- Aguiar, J. G., Soares, G. V., Rezende, L. R., Loschi, P. P., Lopes, R. J. R. S., Brito, J. N., 2014. “Projeto Cadeira de Rodas para Cães”. Anais do 14º Congresso Nacional de Engenharia Mecânica e Industrial - CONEMI2014. Salvador, Brasil. Disponível em: <http://www.conemi.org.br/download/TT19_XIV_CONEMI-001.pdf>
- AKC, 2015. “Medium Size dogs”. American Kennel Club. 14 Jul. 2019 <<https://www.akc.org/expert-advice/lifestyle/medium-size-dogs/>>
- Carneiro, L. R., Barbar, G., Santos, L. C. P., Guarato, A. Z., 2019. “Influência da temperatura da mesa de impressão 3D na dureza e dimensões geométricas de amostras em ABS”. Submetido nos Anais do 26º Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica – CREEM2019. Ilhéus / Itabuna, Brasil.
- Da Silva, L. A.; Rodrigues, O. V. A., 2014. “Digitalização Ótica Tridimensional no Desenvolvimento de Próteses”. Anais do 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design – P&D Design2014. Gramado, Brasil. Disponível em http://www.ufrgs.br/ped2014/trabalhos/trabalhos/1005_arq2.pdf
- Diniz-Gama, E. J., 2007. *Perfil Clínico dos Animais e Funcionalidade do Uso do Aparelho de Fisioterapia Veterinária (Modelos Vetcar) na Reabilitação de Cães e Gatos Acometidos por Dificuldades de Locomoção*. Dissertação mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Guarato, A.Z., Loja, A.C., Pereira, L.P., Braga, S.L., Trevilato, T.R.B., 2016. "Qualification of a 3D structured light sensor for a reverse engineering application". In Proceedings of SPIE - Optics and Measurement International Conference, Vol. 10151, n. 101510C. doi:10.1117/12.2257601
- Guarato, A.Z., Quinsat, Y., Souzani, C.M., Lartigue, C., Sura, E., 2018, “Conversion of 3D scanned point cloud into a voxel-based representation for crankshaft mass balancing”. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 95, n.1315. doi:10.1007/s00170-017-1319-5
- Klein, M., 2012. *Dispensador de Brinquedos para Cães*. Monografia em Design de Produto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Miranda, M. F. O.; Ribeiro, F. J. O.; Saad, N. S.; Guarato, A. Z., 2019. “Experimental analysis on the mechanical properties of PETG parts made with fused deposition modeling manufacturing”. Submitted in *Proceedings of the 25th International Congress of Mechanical Engineering – COBEM2019*. Uberlândia, Brazil.
- Munari, B., 1981. *Das coisas nascem coisas*. Edições 70, São Paulo: Martins Fontes.
- Pancotto, T. E., 2015. “Canine Wheelchair Equivalents”. Clinician’s Brief. 14 Jul. 2019 <<http://www.cliniciansbrief.com/article/canine-wheelchair-equivalents>>
- Rosa, I. C. C., Oliveira, G. B., Fiocchi, A. A., Alves, D. A. C., Guarato, A. Z., Saad, N. S., 2019a. “Effect of infill and number of parts per cycle on mechanical properties of extruded PLA by additive manufacturing”. Submitted in *Proceedings of the 25th International Congress of Mechanical Engineering – COBEM2019*. Uberlândia, Brazil.
- Rosa, I. C. C., Oliveira, G. B., Fiocchi, A. A., 2019b. “Method for considering the real area moment of inertia in bending tests of extruded PLA parts with different infill percentages”. Submitted in *Proceedings of the 25th International Congress of Mechanical Engineering – COBEM2019*. Uberlândia, Brazil.
- Tilghman, 2015. “Caring for a paraplegic canine” Animal Wellness. 14 Jul. 2019 <<https://animalwellnessmagazine.com/caring-for-a-paraplegic-canine/>>
- Wenkel, R., Kaulfuss, K-H., 2001. “Fractures in small and pet animal – Frequencies, classification and therapy”. *Kleintierpraxis [S.I.]*, Vol. 46, n.7, p.401-410.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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