

DIMENSIONAMENTO DE MOTORIZAÇÃO PARA BICICLETA ELÉTRICA ADAPTADA PARA PASSEIOS COM PESSOAS COM MOBILIDADE REDUZIDA

Felipe Diniz da Silva, dinizfelipe95@gmail.com¹
Andrey Maciel Araújo da Silva, andreymaciel468@gmail.com¹
Sérgio Aruana Elarrat Canto, aruana@ufpa.br¹
Alexandre Luiz Amarante Mesquita, alexmesq@ufpa.br¹
Fábio Antônio do Nascimento Setúbal, fabioans@ufpa.br¹
Sérgio de Souza Custódio Filho, custodio@ufpa.com¹
João Aberides Ferreira Neto, joaoafneto@ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará, R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém-Pa, 66075-110

Resumo: O Parque Estadual do Utinga, localizado em Belém-PA, é uma Unidade de conservação estadual criada com o objetivo de preservar ecossistemas naturais, estimular a realização de pesquisas científicas e desenvolver atividades de lazer e educação ambiental. Recentemente, no parque, o grupo de ação voluntária Ponto de Apoio iniciou atividades voltadas à inclusão social de idosos e pessoas com deficiências, promovendo passeios gratuitos com bicicletas adaptadas. A parceria entre a Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pará e o Grupo Ponto de Apoio propiciou um projeto de extensão que objetivou a otimização (pequenos ajustes em relação ao conforto, segurança e manobrabilidade) dos modelos de bicicleta artesanal que incorporam um sidecar acoplado, sendo nesse o assento em que idosos e deficientes físicos permanecem durante o passeio ao logo do parque. A segunda parte do projeto objetivou o desenvolvimento de um modelo de bicicleta com motor elétrico. Assim, o presente artigo trata da descrição dessa segunda etapa, descrevendo, por meio de um estudo cinemático detalhado, o dimensionamento do motor e das baterias, selecionando opções existentes no mercado. Nesse estudo também foi dimensionado uma unidade móvel que faz uso de painéis fotovoltaicos e equipamentos auxiliares para o carregamento das baterias da bicicleta elétrica. O estudo contribui para uma mobilidade urbana mais sustentável e humanizada, além de oferecer maior conforto nos momentos de lazer e diversão às pessoas com dificuldade de mobilidade.

Palavras-chave: bicicleta elétrica, energia solar, mobilidade urbana

1. INTRODUÇÃO

A população brasileira com 65 anos de idade ou mais cresceu 26% entre 2012 e 2018 (IBGE, 2018). Estima-se que, em 2050, esta quantidade ultrapasse 64 milhões, representando 29,7% da população. Além disso, a expectativa de vida brasileira já ultrapassou os 73 anos de idade. Prevê-se que até 2050 ela atinja 81 anos (Santos *et al.*, 2014). Portanto, a população brasileira está com um número cada vez maior de idosos. Alguns problemas surgem com envelhecimento da população, principalmente o que tange à saúde e bem-estar dos idosos. Desta forma, organizações públicas e privadas têm buscado ações para fornecer não somente aos idosos, mas também a deficientes físicos e visuais (PcD), esse resgate do bem-estar proporcionado pelas atividades de lazer (Mori e Silva, 2010), sendo esse uma necessidade humana (Gomes, 2004) e um direito previsto na constituição brasileira (Brasil, 1988). Como exemplo dessas ações inclusivas podem ser citados os Projetos Bike sem Fronteiras e o Projeto OKDV. O Projeto Bike sem Fronteiras, que já existe no Recife há mais de 3 anos e presente agora no Rio de Janeiro (O Globo, 2019), incentiva deficientes e idosos a andarem de bicicleta na Praia do Flamengo. O Projeto OKDV da ONG Embrião, da cidade de Alvorada, no Rio Grande do Sul, desenvolveu a bicicleta ODKV (O de cá vê). Nesse projeto há duas bicicletas adaptadas para uso em conjunto com deficiente visual. Com o sucesso do projeto, este foi replicado em Aracaju (SE) em 2013 (Pedal.com.br, 2013).

Em Belém, o grupo de ação voluntária Ponto de Apoio (G1 Pará, 2018) têm promovido passeios gratuitos em bicicletas adaptadas para pessoas com deficiência e idosos no Parque Estadual do Utinga. As bicicletas do Grupo de Apoio são fabricadas artesanalmente, de forma empírica, que são funcionais e estão atendendo aos objetivos do projeto. As bicicletas possuem um sidecar fixado na lateral da bicicleta para os usuários com mobilidade reduzida. Contudo, há reclamações dos usuários, tanto dos monitores voluntários (que conduzem a bicicleta) quanto dos clientes do projeto (PcD), em relação à busca de um maior conforto nos passeios.

O desconforto em bicicletas têm sido motivo de pesquisa de acordo com a literatura científica. Groenendijk *et al.* (1992) mostraram que mais de um milhão da população de ciclistas holandeses sofrem de dor ou desconforto no corpo causados pelo ciclismo. Cerca de 36% dos homens e 42% das mulheres, na amostra total de 900 pessoas, reclamaram

desse incômodo. No trabalho de Christiaans e Bremner (1998) é apresentada uma revisão de vários trabalhos sobre conforto geral do ciclista e ergonomia da bicicleta. Hayot *et al.* (2012) mostraram como a postura do ciclista pode resultar em problemas físicos. Mais recentemente, Ayachi *et al.* (2015) apresentaram um estudo determinado quais fatores contribuem para o conforto durante o ciclismo, para identificar situações em que o conforto é relevante e como as vibrações desempenham um papel nas avaliações de conforto.

Portanto, com o intuito de melhorar o rigor técnico na fabricação de bicicletas, a Universidade Federal do Pará (UFPA), por meio do Faculdade de Engenharia Mecânica, buscou desenvolver inicialmente dois modelos de bicicletas : um modelo otimizado em relação à peso, dirigibilidade, ergonomia, conforto e manutenção; e um segundo modelo onde inclui-se nesse modelo otimizado a motorização elétrica com a bateria alimentada por energia solar para fins de redução de esforço ao conduzir a bicicleta, redução de ruído, evitar uso de energia elétrica do parque e promoção dos benefícios do uso de energia elétrica renovável. As descrições dos ensaios de análise modal, análise estrutural, análise de vibração de corpo inteiro e análise ergonômica realizadas no modelo da bicicleta artesanal estão descritos em Silva *et al.* (2021a), Oliveira *et al.* (2021) e Silva *et al.* (2021b). O presente artigo trata da descrição do segundo modelo, ou seja, o dimensionamento da motorização para a bicicleta adaptada com um sidecar, além do dimensionamento de um poste solar que faz uso de painéis fotovoltaicos para carregamento das baterias da bicicleta elétrica. Desta forma, a proposta busca-se reduzir as limitações de locomoção, tornando os passeios mais agradáveis, permitindo a superação da barreira do sedentarismo e estimulando a inclusão social, além de fomentar a mobilidade urbana sustentável.

2. METODOLOGIA

Neste capítulo descreve-se a metodologia do dimensionamento de um motor elétrico para a bicicleta com sidecar acoplado, baseado nas forças que interagem com o veículo, além do projeto do sistema fotovoltaico com base nas características de demanda dos componentes selecionados, almejando garantir o direito ao lazer e inclusão social do público em questão.

2.1. Forças Contrárias ao Deslocamento

Simplificando a abordagem, para efeitos de dimensionamento do sistema de propulsão considera-se que a bicicleta parte de um regime estacionário, logo, a força de tração necessária é obtida através da Eq. 1.

$$F_t = F_r + F_D + F_g \quad (1)$$

em que F_t é a força de tração (N), F_r é a força de resistência ao rolamento (N), F_D é a força de atrito aerodinâmico (N) e F_g é o peso (N).

2.1.1. Força de Resistência ao Rolamento

A força de resistência ao rolamento é a resistência existente quando há o movimento do pneu e ele é deformado pela carga exercida sobre ele, depende do tipo de material da roda e do tipo de piso (Tanaka, 2013). É calculada através da Eq. 2.

$$F_r = P \cdot f_r \cdot \cos(\theta) \quad (2)$$

em que F_r é a força de resistência ao rolamento (N), P é o peso aplicado no centro da roda (N), f_r é o coeficiente de resistência ao rolamento (adimensional) e θ é o ângulo de inclinação do plano do deslocamento com a horizontal (°).

A Tabela 1 apresenta os valores de coeficiente de resistência de rolamento para pneus de bicicleta de acordo com tipo de piso.

Tabela 1: Coeficientes resistência ao rolamento.

Tipo de Piso	Valor de f_r
Piso de madeira	0,001
Piso de betão	0,002
Piso de concreto	0,004
Piso de alcatrão áspero	0,008

2.1.2. Força de Resistência Aerodinâmica

A força de resistência aerodinâmica, ocorre devido ao atrito do veículo com o ar. Para veículos, esta força depende da sua forma e da velocidade de deslocamento relativa ao ar (Silva, 2013). Essa força é resultado de duas componentes principais: resistência a forma e fricção superficial. (Tanaka, 2013). A força de resistência aerodinâmica pode ser calculada através da Equação (3).

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot (v - v_w)^2 \quad (3)$$

em que F_D é a força de atrito aerodinâmico (N), ρ é a densidade do ar (kg/m^3), A_f é a área frontal do veículo (m^2), C_D é o coeficiente de resistência aerodinâmica ou de arrasto (adimensional), v é a velocidade do veículo (m/s) e v_w é a velocidade do vento medida no mesmo referencial de deslocação do veículo (m/s).

O Quadro 1 apresenta a variação do coeficiente de resistência aerodinâmica de acordo com a postura do ciclista.

Quadro 1: Coeficiente de resistência aerodinâmica para bicicleta.

Bicicleta <i>standard</i> com condutor	Coeficiente de resistência aerodinâmica (C_D)
	1,1
	1,0
	0,88

2.2. Potência do Mecanismo de Tração Elétrica

O valor da potência que o mecanismo de tração elétrica deve aplicar na roda para vencer a força de tração F_t , pode ser obtido a partir do cálculo das forças atuantes sobre a bicicleta. Sendo que a estimativa da demanda de potência requisitada pelo mecanismo de tração elétrica pode ser calculada pelo produto entre a velocidade e a força necessária para a tração do veículo (Ferreira e Pomilio, 2007), conforme mostrado na Eq. 5.

$$P_m = F_t \cdot v \quad (5)$$

em que P_m é a potência entregue às rodas num dado instante (W), F_t é a força de tração (N) e v é a velocidade do veículo (m/s).

2.3. Parâmetros de Projeto

A Tabela 2 apresenta as definições de projeto, em seguida são feitas algumas considerações.

Tabela 2: Parâmetros de Projeto.

Parâmetro	Valor
Densidade do ar (ρ)	1,18 kg/m^3
Área frontal - A_f	0,92 m^2
Coeficiente de resistência aerodinâmica - C_D	2,2
Coeficiente de resistência ao rolamento - f_r	0,002
Velocidade do veículo - v	6,94 m/s
Velocidade do vento - v_w	0 m/s
Ângulo de inclinação - θ	0
Massa do Condutor - m_1	70 kg
Massa do Passageiro - m_2	70 kg
Massa da bicicleta - m_3	57 kg
Massa da bateria - m_4	15 kg
Aceleração gravítica - $\vec{g}$	9,81 m/s^2
Raio da bicicleta (aro 26)	0,6604 m
Perímetro das rodas de 26 polegadas - P_r	2,08 m

Considerações:

- A densidade do ar escolhida foi a equivalente a temperatura de 25°C, temperatura predominante na região de Belém-PA.
- A massa do condutor e do passageiro foi definida como 70 kg cada, valor próximo a mediana de peso dos brasileiros com idade acima dos 50 anos (IBGE, 2019).

- O coeficiente de resistência ao rolamento escolhido leva em consideração o tráfego em um piso de concreto.
- Massa da bateria como 15 kg.

2.4. Determinação da Área Frontal

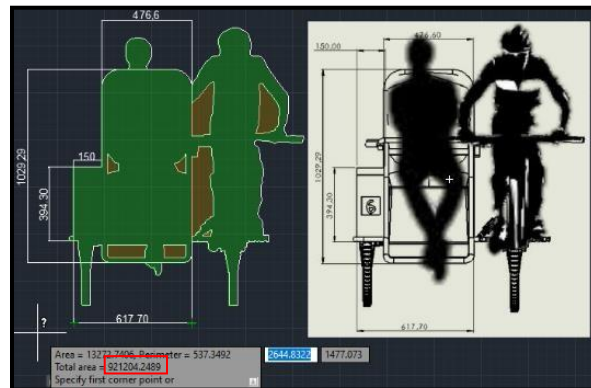


Figura 1: Obtenção da área frontal.

O valor de área frontal de 9,21 m², foi obtido com o auxílio do software *AutoCAD*, onde desenhou-se a vista frontal da bicicleta junto das silhuetas de piloto e passageiro, simulando o uso real.

2.5. Cálculo da Potência do Mecanismo de Tração Elétrica

Analogamente as Eq. 1 e 5, a Eq. 6 calcula-se a potência necessária para tracionar o veículo através da equação abaixo:

$$P_m = [P \cdot f_r + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \times (v - v_w)^2 + M \cdot g \cdot \sin\theta] \cdot v \quad (6)$$

$$P_m = [(70 + 70 + 57 + 15) \cdot 9,81 + 0,5 \cdot 1,18 \cdot 0,92 \cdot 2,2 \cdot (6,94)^2 + (70 + 70 + 57 + 15) \cdot 9,81 \cdot \sin(0)] \cdot 6,94$$

$$P_m \cong 426,88 \text{ W}$$

2.6. Sistema Fotovoltaico

O projeto de um sistema fotovoltaico divide-se na avaliação do recurso solar, estimativa e avaliação de carga e dimensionamento dos componentes do sistema (Carvalho, 2016).

2.6.1. Avaliação do Recurso Solar

O Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN) fornece o valor médio da irradiação solar mensal do plano de abertura para a cidade desejada em (Wh/m²/dia).



Figura 2: Mapa solarimétrico.

Para garantia do funcionamento do sistema em todos os meses do ano, usa-se o menor valor de irradiação do ano, sendo o mês de fevereiro para a região em questão, a cidade de Belém-PA com 4,37 kWh/m² (Fig. 3).

ID	Lon	Lat	Anual	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
63712	-48,449	-1,5005	4865	4395	4377	4410	4570	4759	5030	5134	5335	5386	5223	5068	4697

Figura 3: Médias do Total Diário da Irradiação Global Horizontal.

2.6.2. Estimativa de Demanda

Para dimensionamento do sistema de geração analisam-se as características de demanda, potência nominal e perfis de consumo ao longo dos meses. A forma mais comum de se especificar uma carga é através do seu consumo diário de energia.

2.7. Cálculo do Consumo de Energia Elétrica da Bicicleta

A Tabela 3 apresenta os parâmetros da bateria definida para utilização na bicicleta elétrica.

Tabela 3 - Especificações Técnicas da bateria.

Autonomia (km)	40,0
Voltagem (V)	54,6
Corrente (A)	30,0
Potência (W)	1638
BMS (V)	45
Célula	Samsung 3,0A
Tempo de recarga (h)	15

Estima-se o cálculo de consumo de energia da bicicleta através da Eq. 7:

$$Consumo = \frac{P \cdot t}{V} \quad (7)$$

sendo que P é a potência do motor (W), t é o tempo de utilização (h) e V é a tensão da bateria utilizada pela bicicleta (V).

Para o cálculo do consumo considerou-se o tempo de descarga total da bateria ao invés do tempo de utilização, dado pela Eq. 8:

$$t_d = \frac{x}{v} \quad (8)$$

sendo que t_d é o tempo de descarga total da bateria (h), x é a autonomia da bateria (km) e v é a velocidade do veículo (km/h).

logo,

$$t_d = \frac{40}{25} = 1,6 \text{ h}$$

Estimando o consumo através da Eq. 7:

$$Consumo \text{ da bicicleta} = \frac{1500 \cdot 1,6}{54,6} = 44 \text{ Ah}$$

2.8. Cálculo da Potência Fornecida a Bateria da Bicicleta Elétrica

A potência necessária para a bateria é dada pela Eq. 9:

$$Pt = P \cdot t_d \quad (9)$$

sendo que Pt é a potência necessária para a bateria (W), P é a potência da bateria (W) e t_d é o tempo de descarga total (h).

$$Pt = 1638 \cdot 1,6 = 2620,8 \text{ Wh}$$

Como mencionado anteriormente, dado o tempo de irradiação solar média para a região de Belém-PA como 4,37 kWh/m², obtém-se o consumo do sistema no painel solar através da Eq. 10.

$$P_S = \frac{Pt}{t_i} \quad (10)$$

sendo que P_S é o consumo no painel solar (W) e Pt é a potência necessária para a bateria (W) e t_i tempo de irradiação solar média (h).

Assim, obtêm-se o valor de potência necessária para o motor:

$$P_S = \frac{2620,8}{4,37} = 599,72 \text{ W}$$

3. RESULTADOS

3.1. Definição dos Componentes da Bicicleta Elétrica Adaptada

A partir do valor de potência mínima necessária para o funcionamento da bicicleta elétrica fez-se uma comparação com motores elétricos utilizados em bicicletas elétricas disponíveis no mercado, analisando as potências dos motores e comparando com a capacidade de carga que eles são capazes de tracionar, chegando aos seguintes componentes para a bicicleta adaptada:

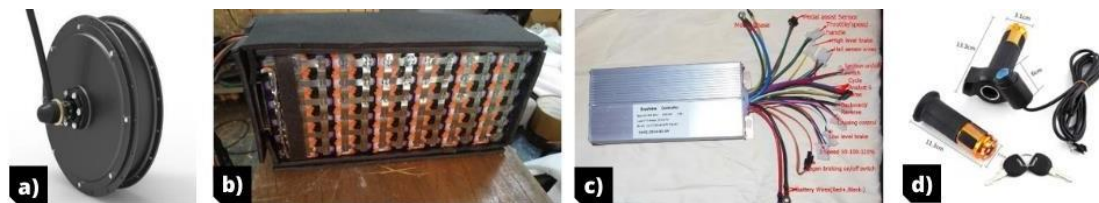


Figura 4: Componentes da bicicleta elétrica adaptada.

a) Motor Elétrico *Brushless* 1500W

Motor sem escovas com diversas vantagens, dentre as quais se podem destacar a elevada confiabilidade, o ruído reduzido, a vida útil mais longa (ausência de desgaste das escovas), a eliminação da ionização do comutador e a redução de interferências eletromagnéticas.

Características gerais do motor: 1500 W, 48 a 84 V, capacidade de carga da ordem de 200 Kg, massa (7,2 kg), diâmetro do motor: 245 mm.

b) Módulo Controlador

O módulo controlador selecionado é baseado nos requisitos de desempenho a alcançar e o tipo de motor e bateria escolhidos, ele é fornecido juntamente com o motor, o que garante sua eficiência durante o uso.

Características gerais do módulo controlador: 48 a 84 V, 1000 a 1500 W, limite de corrente: 45 A.

c) Bateria

A bateria a ser utilizada foi selecionada de acordo com a demanda do projeto, como o trajeto de ciclismo, considerando ida e volta, do Parque Estadual do Utinga localizado em Belém-PA tem 9,2 km, foi selecionado uma bateria com autonomia de 40 km, o que permitiria concluir o trajeto 4 vezes, onde restaria ainda carga para garantir a saúde da bateria.

Características gerais da bateria: Bateria de Lítio, 54,6 V, 30 A, dimensão do pack: 30x20x9 cm, massa de 7,5 kg, BMS (*Battery Management System*) integrado.

d) Acelerador

Para controle tanto da velocidade da bicicleta quanto do nível de bateria, incluiu-se um acelerador com chave e display, para auxílio do ciclista durante o uso.

3.2. Definição dos Componentes do Sistema de Carregamento Solar

Conforme o valor de consumo no painel solar de 599,72 W, determinou-se a utilização de dois painéis solares fotovoltaicos de 340 W, juntamente com um controlador de carga MPPT, conforme apresentado abaixo:



Figura 5: Componentes do poste solar.

a) Painel Fotovoltaico

O modelo comercial do painel fotovoltaico escolhido foi o da marca OSDA e modelo ODA340-36-P com potência de 340W, sendo utilizado dois painéis para alcançar a demanda do projeto e garantir um funcionamento eficaz. Composto por 72 células policristalinas protegidas por vidro temperado e uma estrutura de alumínio anodizado que já vem com furos para fixação e cabo conector MC4 incluso, a placa solar possui 1960 x 992 x 35 mm de dimensão, pesa 22,2 kg e vem com certificação do INMETRO assegurando alta eficiência, confiabilidade e segurança para instalação.

b) Controlador de carga

O controlador de carga é responsável por gerenciar e controlar o processo de carga das baterias, permitindo que elas sejam carregadas completamente. São instalados eletricamente entre o painel e as baterias. Para o sistema em questão foi escolhido o controlador de carga MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) Epever XTRA 4415N, que possui a mais avançada e eficiente tecnologia de conversão da energia, buscando o ponto de máxima potência da placa solar e extraindo cerca de 20 a 30% a mais de energia do painel fotovoltaico, comparado ao controlador de carga do tipo PWM (*Pulse Width Modulation*).

3.3. Aspecto Final da Bicicleta Elétrica Adaptada e do Poste Solar Móvel

Após o dimensionamento e seleção dos componentes, fez-se o desenho 3D dos modelos com o auxílio do software *SolidWorks*, alocando o motor elétrico na roda dianteira e realizando a acomodação da bateria com o auxílio de um bagageiro. A Figura 6 apresenta o aspecto final da bicicleta elétrica adaptada.



Figura 6: Modelo 3D da bicicleta elétrica adaptada.

Para o projeto da estrutura do Poste Solar Móvel, optou-se por fazer a instalação dos componentes em uma carreta de reboque, permitindo que a unidade de carregamento solar possa ser transportada em casos de passeios realizados com a bicicleta fora do Parque Estadual do Utinga. A Figura 7 exhibe o protótipo desenvolvido.



Figura 7: **Modelo 3D do poste solar móvel.**

4. CONCLUSÃO

Com base nos estudos desenvolvidos e nos resultados apresentados no decorrer do artigo observa-se que a combinação dos itens selecionados resultou em uma bicicleta elétrica funcional e capaz de se integrar ao sistema de carga fotovoltaico dimensionado, ainda que os dispositivos não tivessem sido projetados para trabalhar em conjunto.

Desta forma atingiu-se o objetivo deste trabalho de demonstrar a viabilidade de se utilizar a energia solar como meio de produção de energia elétrica para a mobilidade elétrica, oferecendo maior conforto nos momentos de lazer e diversão proporcionados pelo grupo Ponto de Apoio aos usuários com mobilidade reduzida.

Apesar da constatação da eficácia dos produtos resultantes deste estudo, a aquisição deles tem um custo elevado em razão do preço atual das baterias, com uma possível produção em série, sua atratividade aumentaria reduzindo o custo de aquisição. Ainda assim, o trabalho exposto constitui apenas um ponto de partida, apresentando aspectos que podem ser complementados, ou até modificados, deixando aberta a oportunidade para futuros trabalhos a serem desenvolvidos.

Seguindo a metodologia apresentada neste trabalho para o dimensionamento de um motor elétrico de corrente contínua movido à baterias a ser utilizado em bicicletas, é possível transformar uma bicicleta mecânica em uma bicicleta elétrica com a possibilidade de recarregamento solar das baterias de forma rápida e eficiente.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo Ponto de Apoio pela confiança e disposição no desenvolvimento de novos projetos e à Pró-Reitoria de Extensão (PROEX) da Universidade Federal do Pará por fomentar o desenvolvimento de Projetos de Extensão universitária, auxiliando os autores através da concessão de bolsa de extensão, como forma de apoio à formação acadêmica.

6. REFERÊNCIAS

- Ayachi, F.S., Dorey, J., Guastavino, C., 2015. "Identifying factors of bicycle comfort: An online survey with enthusiast cyclists". *Applied Ergonomics*, Vol. 46, pp. 124-136.
- Brasil, 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, Brasil, Senado Federal: Centro Gráfico.
- Christiaans, H.H.C.M., Bremner, A., 1998. "Comfort on bicycles and the validity of a commercial bicycle fitting system". *Applied Ergonomics*, Vol. 29, No. 3, pp. 201-211.
- Ferreira, A. A., Pomilio, J. A., 2007. Metodologia para dimensionar múltiplas fontes de suprimento de energia de veículos elétricos. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil. pp. 3-4.
- G1 Pará, 2018. "Projeto promove passeios de bicicletas gratuitos para pessoas com deficiência em Belém". Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/projeto-promove-passeios-de-bicicletas-gratuitos-para-pessoas-com-deficiencia-em-belem.ghtml>. Acesso em 16/01/2020.
- Gomes, C.L., 2004. Lazer: necessidade humana e dimensão da cultura. *Revista Brasileira de Estudos do Lazer*, Belo Horizonte, Brasil, Vol. 1, No. 1, pp. 3-20.
- Groenendijk, M.C., Christiaans, H.C.C.M., Van Hulten, C.M.J., 1992. "Sitting comfort on bicycles". In: Megaw, E.D., *Contemporary Ergonomics*, Taylor and Francis, London, pp. 551-557.
- Halliday, D., Resnick, R., Walker, 2008. *Fundamentos de Física*. Ed. LTC, Rio de Janeiro, Brasil, Vol. 1, 8ª edição, 352 p.
- Hayot, C., Decatoire, A., Bernard, J., Monnet, T., Lacouture, P., 2012. "Effects of posture length on joint power in cycling". *Procedia Engineering*, Vol. 34, pp. 212-217.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Características Gerais dos Domicílios e dos Moradores 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101654_informativo.pdf. Acesso em 14/01/2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Pesquisa Nacional de Saúde 2019. Rio de Janeiro: IBGE.

LABREN, 2021. “Médias do Total Diário da Irradiação Global Horizontal para o Estado do Pará”. Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia.

Mori, G., Silva, L.F., 2010. “Lazer na terceira idade: desenvolvimento humano e qualidade de vida”. *Motriz*, Rio Claro, Vol. 16, No. 4, pp.950-957.

O Globo, 2019. “Projeto inclusivo incentiva deficientes a andarem de bicicleta na Praia do Flamengo”. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/projeto-inclusivo-incentiva-deficientes-andarem-de-bicicleta-na-praia-do-flamengo-23920291>. Acesso em 14/01/2020.

Oliveira, G.L.C., Silva, A.M.A., Rodrigues, L.D., Custódio Filho, S.S., Mesquita, A.L.A., 2021. “Análise numérica e experimental da resistência estrutural de bicicleta customizada para pessoas com mobilidade reduzida”. In *I Jornada de Engenharia Mecânica*, Universidade Federal do Pará, Tucuruí-PA, Brasil.

Osório, P. C., 2016. “Análise técnica e econômica da utilização de painel fotovoltaico para carregamento de bicicletas elétricas”. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil. pp. 30-36.

Pedal.com.br, 2013. “Projeto em Aracaju adaptada bicicleta para deficientes visuais”. Disponível em: https://www.pedal.com.br/projeto-traz-bicicleta-adaptada-para-deficientes-visuais-a-aracaju_texto7425.html. Acesso em 14/01/2020.

Santos, P.M., Marinho, A., Mazo, G.Z., Hallal, P.C., 2014. “Atividades no lazer e qualidade de vida de idosos de um programa de extensão universitária em Florianópolis (SC)”. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, Vol. 19, No. 4, pp. 494-503.

Silva, A.M.A. et al., 2021a. “Análise de conforto em bicicleta adaptada para passeios de pessoas com mobilidade reduzida”. In *I Jornada de Engenharia Mecânica*, Universidade Federal do Pará, Tucuruí-PA, Brasil.

Silva, A.M.A., Botelho, W.L., Oliveira, G.L.C., Custódio Filho, S.S., Mesquita, A.L.A., 2021b. “Análise modal numérica e experimental de bicicleta customizada para pessoas com mobilidade reduzida”. In *I Jornada de Engenharia Mecânica*, Universidade Federal do Pará, Tucuruí-PA, Brasil.

Silva, J.C.M., 2013. “Sistema de mobilidade elétrica de duas rodas de elevada eficiência e performance”. Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal. 118 p.

Tanaka, C.N., 2013. “Metodologia de dimensionamento do sistema de tração para veículos elétricos”. Universidade de São Paulo, Brasil pp. 48-55.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

MOTORIZATION DESIGN FOR CUSTOMIZED BICYCLE FOR RECREATIONAL RIDING OF PEOPLE WITH DISABILITIES

Felipe Diniz da Silva, dinizfelipe95@gmail.com¹

Andrey Maciel Araújo da Silva, andreymaciel468@gmail.com¹

Sérgio Aruana Elarrat Canto, aruana@ufpa.br¹

Alexandre Luiz Amarante Mesquita, alexmesq@ufpa.br¹

Fábio Antônio do Nascimento Setúbal, fabioans@ufpa.br¹

Sérgio de Souza Custódio Filho, custodio@ufpa.br¹

João Aberides Ferreira Neto, joaoafneto@ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará, R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém-Pa, 66075-110

Abstract: The Utinga State Park, located in Belém – PA, is a state conservational unit created with the goal to preserve natural ecosystems, promote scientific research, develop leisure activities and environmental education. Recently at the park, the voluntary group Ponto de Apoio has begun social inclusive activities aimed towards the elderly and disabled people through the promotion of free adapted bicycle rides. The partnership between the Mechanic Engineering Faculty of Federal University of Pará and Ponto de Apoio Group has led to an extension project which focused on the optimizing process (small adjustments regarding comfort, safety and drivability) of the artisanal bicycle models which incorporate an adjoined sidecar with the seat being the place where the elderly and reduced mobility persons remain during the ride through the park. The second part of the project aimed to develop an automatic electrical motorized bicycle model. Thus, the present paper concerns the description of the cited project’s second stage, describing, through a detailed kinematic study, the dimensioning of an electric motor and battery for the custom bicycle, selecting already existing products on the specialized market. An solar charging station was also dimensioned in the same study, developing a mobile unity that uses photovoltaic panels and auxiliary equipment to charge the electric bicycle’s batteries. The study contributed to a more sustainable and humanized urban mobility, besides.

Keywords: electric bicycle, solar energy, urban mobility.