

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a) o texto completo desta Dissertação será disponibilizado somente a partir de 05/02/2023.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

**Avaliação cinética e cinemática da impulsão manual em
cadeira de rodas:** influência dos diferentes designs de rodas
dianteiras e pressão dos pneus traseiros

Idinei Francisco Pires de Carvalho Filho

Orientador: Prof. Dr. Fausto Orsi Medola

Bauru - 2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

**Avaliação cinética e cinemática da impulsão manual em
cadeira de rodas: influência dos diferentes designs de rodas
dianteiras e pressão dos pneus traseiros**

Dissertação de mestrado
apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Design, da
Faculdade de Arquitetura, Artes e
Comunicação da UNESP –
Campus de Bauru, para obtenção
do título de Mestre em Design.

Idinei Francisco Pires de Carvalho Filho

Orientador: Prof. Dr. Fausto Orsi Medola

Bauru - 2020

Carvalho Filho, Idinei Francisco Pires.

Avaliação cinética e cinemática da impulsão manual
em cadeira de rodas: influência dos diferentes designs
de rodas dianteiras e pressão dos pneus traseiros /
Idinei Francisco Pires de Carvalho Filho, 2020
88 f. : il.

Orientador: Fausto Orsi Medola

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e
Comunicação, Bauru, 2020

1. Design. 2. Tecnologia assistiva. 3. Cadeira de
rodas. 4. Mobilidade. I. Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e
Comunicação. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE IDINEI FRANCISCO PIRES DE CARVALHO FILHO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 05 dias do mês de fevereiro do ano de 2021, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de IDINEI FRANCISCO PIRES DE CARVALHO FILHO, intitulada **Avaliação cinética e cinemática da propulsão manual em cadeira de rodas: influência dos diferentes designs de rodas dianteiras e pressão dos pneus traseiros**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. FAUSTO ORSI MEDOLA (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Programa de Pós-Graduação em Design / FAAC/UNESP/Bauru, Prof. Titular LUIS CARLOS PASCHOARELLI (Participação Virtual) do(a) Programa de Pós-Graduação em Design / FAAC/UNESP/Bauru, Prof^a. Dr^a. JAMILLE NORETZA DE LIMA LANUTTI (Participação Virtual) do(a) Departamento de Artes / UFRN. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. FAUSTO ORSI MEDOLA

*“O temor do SENHOR é o princípio da sabedoria;”
Provérbios de Salomão, capítulo 9, verso 10.*

*Este trabalho é para aqueles que nunca entraram e nem entrarão em uma
universidade.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao “Deus em Trindade, e a Trindade em unidade” que sustenta e governa tudo com justiça, amor e misericórdia, fonte de todo o Eterno Saber.

À Beatriz, meu grande amor, pelo companheirismo, conselhos, consolo e transformação interior (Provérbios 18:22).

Aos meus pais, Idinei e Luciene de Carvalho, por todo amor, criação e suporte: honrados sejam. (Êxodo 20:12).

Aos meus amigos de infância Murilo Bueno (Jão) e Lucas Nogueira (Lopão) que essa amizade seja tão duradoura quanto nossos dias, e aos meus amigos que construí com os anos, em especial Plínio e Débora Caires e Diego e Tatiana Palharin.

Ao amado casal de irmãos e mestres Éder e Patrícia Teixeira por todo amor, apoio, conselho, orações e boas risadas.

Aos meus companheiros do Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI), em especial ao Guilherme Bertolaccini por sempre estar me apoiando e ajudando nas pesquisas e na estrada da vida: a Academia precisa de mais Guilhermes.

Aos amigos do PPG-Design 2018 pela boa troca de conhecimento e aventuras extra acadêmicas, em especial Rodolfo Porsani, Bruno Borges e Conrado Renan.

Ao Prof. Dr. Fausto Orsi Medola, pela orientação, incentivo e amizade desde meu início na jornada acadêmica.

À Unesp, em especial ao PPG-Design pela oportunidade, conhecimento e vivência durante todo esse período, e pelos seus servidores pela disposição em me ajudar sempre que necessário.

À FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo 16/05026-6), cujo apoio possibilitou a utilização do equipamento SmartWheel neste projeto.

E a todos aqueles que se esforçaram para contribuir para a longa ponte do conhecimento científico, em especial aos antigos pesquisadores da tradição protestante e reformacional, por iniciarem e libertarem as esferas da existência e do conhecimento (Hebreus 12:1).

Muito obrigado!

RESUMO

Mudanças nas configurações de uma cadeira de rodas manual e de seus componentes podem provocar modificações nos aspectos mecânicos do equipamento e, desta forma, influenciar ações do usuário durante sua mobilidade diária. Alterações em aspectos como a posição vertical e horizontal do eixo das rodas traseiras; almofadas; uso de acessórios; tipos de rodas traseiras e dianteiras e calibragem de pneus tem o potencial de modificar as demandas biomecânicas impostas aos usuários durante a impulsão manual. Dos muitos aspectos para estudo em uma cadeira de rodas que possam influenciar a mobilidade, esta pesquisa tratou das rodas traseiras e dianteiras - mais precisamente da pressão dos pneus traseiros e o design das rodas dianteiras. Para isto, realizamos um estudo de avaliação onde dez participantes voluntários e sem experiência com o uso de cadeira de rodas foram submetidos a um teste de mobilidade de aceleração em trajetória retilínea de 40m. O teste foi repetido em seis diferentes configurações: três diferentes tipos de rodas dianteiras e duas pressões de insuflagem dos pneus traseiros (75psi e 38psi). Variáveis cinéticas e cinemáticas da propulsão manual foram registradas durante os testes pelo sistema SmartWheel. Apesar de não ter sido observado um padrão definido, os resultados indicam uma redução nas forças de impulsão quando a pressão dos pneus traseiros esteve em 75psi e, apesar de outros estudos indicarem uma maior resistência ao rolamento em casters de diâmetro menor e com maior porcentagem de peso, no nosso estudo o caster M apresentou os menores valores de força na maioria das condições analisadas, indicando um melhor desempenho na impulsão de cadeira de rodas dentro das variáveis analisadas.

Palavras-chave: Design, Tecnologia assistiva, cadeira de rodas, rodas dianteiras, mobilidade.

ABSTRACT

Changes in the settings of a manual wheelchair and its components may provoke modifications in the mechanical aspects of the equipment and, in this case, influence the user's actions during his daily mobility. Modifications in aspects such as the vertical and horizontal position of the rear wheel axle, seat cushions, usage of accessories, rear and front wheel types, and tire calibration have the potential to modify the biomechanical demands imposed on users during manual propulsion. Among the several aspects for study in a wheelchair that can influence mobility, this research focused on the rear and front wheels; more precisely, the pressure of the rear tires and the design of the front wheels. For this purpose, an evaluation study was performed by ten voluntary and inexperienced wheelchair participants, who performed a 40m rectilinear trajectory acceleration mobility test. The test was repeated in six different configurations: three different types of front wheels and two inflation pressures for the rear tires (75psi and 38psi). Kinetic and kinematic variables of manual propulsion were recorded during the tests by the SmartWheel system. Although a defined pattern was not observed, the results indicate a reduction in push forces when the rear tires pressure at 75psi and, although other studies indicate a higher rolling resistance in casters with smaller diameter and higher weight percentage, in this study caster M presented the lowest force values in most of the analyzed conditions, indicating a better performance in wheelchair push within the analyzed variables.

Keywords: Design, Assistive Technology, Wheelchair, Caster Wheels, Mobility; Biomechanics.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. QUESTÃO, HIPÓTESE E OBJETIVO DA PESQUISA.....	15
2.1. QUESTÃO DA PESQUISA	15
2.2. HIPÓTESE.....	15
2.3. OBJETIVO GERAL	16
2.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1. DESIGN	17
3.2. TECNOLOGIA ASSISTIVA.....	19
3.3. MOBILIDADE	20
3.3.1. Conceito.....	20
3.3.2. Mobilidade em cadeira de rodas	21
3.4. IMPULSÃO MANUAL DE CADEIRA DE RODAS	23
3.5. COMPONENTES E CONFIGURAÇÃO DE CADEIRA DE RODAS E A EFICIÊNCIA DA IMPULSÃO MANUAL	25
3.6. RODAS TRASEIRAS E <i>CASTERS</i>	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1. PARTICIPANTES.....	31
4.2. MATERIAIS.....	32
4.2.1. Cadeira de rodas e <i>casters</i>	32
4.2.2. Smartwheel	34
4.3. PROCEDIMENTOS	37
4.4. MOVIMENTO EM TRAJETÓRIA RETILÍNEA O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL	39
4.5. VARIÁVEIS DE ESTUDO	40
4.5.1. Variáveis independentes.....	40
4.5.2. Variáveis dependentes.....	40
4.6. AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE PESO NO SISTEMA CADEIRA DE RODAS ..	42

4.7. ANÁLISE DOS DADOS	45
4.8. CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	45
5. RESULTADOS	47
5.1. DISTRIBUIÇÃO DE PESO COM OS TRÊS DIFERENTES <i>CASTERS</i>	47
5.2. ANÁLISE CINÉTICA E CINEMÁTICA DURANTE A FASE DE MANUTENÇÃO DO MOVIMENTO (<i>STEADY-STATE</i>)	49
5.2.1. Força de Impulsão média (N).....	49
5.2.2. Pico de Força (N)	50
5.2.3. Frequência de Impulsão (1/s).....	51
5.2.4. Comprimento da Impulsão (graus).....	52
5.3. ANÁLISE CINÉTICA E CINEMÁTICA DURANTE A FASE DE INÍCIO (TRÊS PRIMEIRAS IMPULSÕES) DO MOVIMENTO (<i>START-UP</i>)	53
5.3.1. Pico de Força da Primeira Impulsão (N)	53
5.3.2. Pico de Força da Segunda Impulsão (N)	54
5.3.3. Pico de Força da Terceira Impulsão (N)	55
5.3.4. Distância da Impulsão 1 (m).....	56
5.3.5. Distância da Impulsão 2 (m).....	57
5.3.6. Distância da Impulsão 3 (m).....	58
5.3.7. Força média da Impulsão 1 (N).....	59
5.3.8. Força média da Impulsão 2 (N).....	60
5.3.9. Força média da Impulsão 3 (N).....	61
5.3.10. Eficiência da impulsão considerando o tempo.	62
5.3.11. Eficiência da impulsão considerando a velocidade máxima e média.....	63
5.3.12. Eficiência da impulsão considerando a força total.	65
6. DISCUSSÃO	66
7. CONCLUSÃO	71
8. BIBLIOGRAFIA	73
9. APÊNDICES	82
10. ANEXOS	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais componentes de uma cadeira de rodas.	26
Figura 2 - Médias de altura, idade e peso dos participantes.....	31
Figura 3 - Cadeira de rodas Start B2, da Ottobock, utilizada nos estudos.....	33
Figura 4 - Esquema das forças de impulsão analisadas pelo Smartwheel.	35
Figura 5 - Roda paramentada com SMARTWheel.....	36
Figura 6 - Cadeira de rodas com os três diferentes tipos de casters.	38
Figura 7 - Trajeto da impulsão em velocidade máxima atingida para frente.	39
Figura 8 - Procedimento de medição da distribuição de peso na cadeira de rodas.	43
Figura 9 - Procedimento de medição da distribuição de peso na cadeira de rodas com participante.	44
Figura 10 - Distribuição de peso dos três diferentes modelos de casters.	48
Figura 11 - Força de Impulsão média nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.....	49
Figura 12 - Pico de força (N) nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.	50
Figura 13 - Frequência de impulsão: nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.	51
Figura 14 - Comprimento da Impulsão nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.....	52
Figura 15 - Pico de Força da Primeira Impulsão (N) nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.	53
Figura 16 - Pico de Força da Segunda Impulsão (N) nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.	54
Figura 17 - Pico de Força da Terceira Impulsão (N) nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.	55
Figura 18 - Distância percorrida durante a primeira impulsão (m) nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.	56
Figura 19 - Distância percorrida durante a segunda impulsão (m) nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.	57
Figura 20 - Distância percorrida durante a terceira impulsão (m) nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.	58
Figura 21 - Força média durante a primeira impulsão (N) nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.....	59
Figura 22 - Força média durante a segunda impulsão (N) nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.	60
Figura 23 - Força média durante a terceira impulsão (N) nas seis configurações avaliadas: valores de mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.	61
Figura 24 - Tempo (s) para realização do percurso em cadeira de rodas nas seis variáveis: mediana, intervalo interquartil (25%-75%), mínimo e máximo.....	62
Figura 25 - Velocidade máxima nas seis configurações de pressão de pneus traseiros e tipos de casters.....	63
Figura 26 - Velocidade média nas seis configurações avaliadas.....	64
Figura 27 - Força total (N) nas seis configurações de pressão de pneus traseiros e tipos de casters.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações dos casters analisados na pesquisa.....	34
Tabela 2 - Variáveis dependentes analisadas na pesquisa.	41
Tabela 3 - Distribuição de peso nos casters (kg)	48

1. INTRODUÇÃO

Uma deficiência motora somada a condições de força e estabilidade pode levar a restrições na mobilidade, que se refere à locomoção em ambientes internos e externos. Provavelmente o mais conhecido e representativo dispositivo de tecnologia assistiva designado a amenizar as deficiências quanto à mobilidade é a cadeira de rodas. No entanto, apesar de amplamente utilizada, a cadeira de rodas tem sido indicada por seus usuários como fator limitador da participação comunitária (CHAVES et al., 2004).

Considerando a promoção da mobilidade como sua função basal, é sabido que, para que a cadeira de rodas proporcione situações suficientes de uso, sua conformação deve ser acomodada às características e necessidades do usuário. Em contrapartida, quando configurada de forma imprópria, a cadeira de rodas pode requerer um trabalho muscular elevado do usuário, tornando limitada sua capacidade de locomoção e independência. Deste modo, devem ser percebidos múltiplos aspectos do equipamento, tais como: especificações técnicas; configurações de altura do assento e do apoio de pés; cambagem das rodas traseiras; posição anterior-posterior do eixo traseiro; tipos de pneus, aros e rodízios. Se atentar ou não a estes fatores, determina, em conclusão, a atuação do usuário quanto a sua mobilidade (CHERUBINI; MELCHIORRI, 2012; MEDOLA et al., 2014a; VAN DER WOUDE, 2009).

Apesar da cadeira de rodas elevar a mobilidade, inclusão social e independência do usuário, pequenas mudanças nas configurações podem levar a grandes colaborações na mobilidade diária. Mudar as disposições e combinações como altura do eixo; deslocamento das rodas traseiras; almofadas; incremento de peso; calibragem de pneus; rodas dianteiras e centro de massa afetam a biomecânica da

impulsão manual, tendo efeitos positivos ou negativos no usuário. Estudos mostraram que cadeiras com configurações ajustáveis podem ser uma estratégia para reduzir a carga muscular nos membros superiores do usuário, além de poderem ajudar a montar a cadeira de rodas de acordo com as características, necessidades e expectativas dos usuários (BERTOLACCINI et al., 2018).

Estudos têm avaliado a influência dos *casters* e da insuflagem das rodas traseiras, como a influência da impulsão manual entre o terreno coberto de neve e o tipo de *caster* mais adequado (BERTHELETTE et al., 2020); o efeito do diâmetro dos *casters* em vários tipos de terreno (CHAN et al., 2018); resistência ao rolamentos entre rodas traseira maciças e pneumáticas, sendo estas últimas a mais adequada ao uso cotidiano, apesar de sua complexa manutenção (KWARCIK et al., 2009); a relação entre as calibrações das rodas pneumáticas traseiras e a resistência ao rolamento (SAWATSKY et al., 2004); perda de energia nas rodas traseiras e rodízios durante a impulsão manual de cadeira de rodas em superfícies com rugosidades (SPRIGLE et al., 2019); o desenvolvimento de *casters* para facilitar a escalada em degraus (YOKOTA et al., 2018).

Dentre os diversos aspectos do design, configuração e uso de acessórios em cadeira de rodas que podem influenciar o desempenho na mobilidade do usuário, este projeto abordou a pressão dos pneus traseiros e o design das rodas dianteiras. Estes são itens que frequentemente demandam dos usuários ajustes e trocas durante a manutenção de rotina da cadeira. De acordo com Kwarciak et al. (2009), a escolha e manutenção dos pneus da cadeira de rodas é um importante aspecto para que o usuário consiga desempenhar sua mobilidade com maior eficiência. A praticidade e durabilidade são fatores importantes e devem ser considerados na escolha da cadeira de rodas para a satisfação dos usuários (MEDOLA et al., 2010). Além disso,

as quatro rodas (duas traseiras e duas dianteiras) representam os únicos pontos de contato da cadeira de rodas com o solo e, portanto, mudanças em seu posicionamento e/ou tipo de rodas/pneus pode resultar na alteração da estabilidade, distribuição de peso e, finalmente, no desempenho da mobilidade. A avaliação das variáveis cinéticas e cinemáticas da propulsão manual possibilita a análise da eficiência da mobilidade ao fornecer informações sobre as ações (impulsões) dos usuários nas rodas, ou seja, a interação dos membros superiores com as rodas, as forças aplicadas e os movimentos resultantes destas ações. A avaliação dos aspectos cinéticos e cinemáticos da propulsão manual é, portanto, uma abordagem que possibilita verificar os efeitos de alterações nas quatro rodas sobre o desempenho da propulsão manual durante a mobilidade em cadeira de rodas.

7. CONCLUSÃO

A cadeira de rodas pode aprimorar a mobilidade, independência e participação social dos usuários, e pequenas mudanças em seu design e configuração podem levar a contribuições importantes na mobilidade diária. Os achados deste estudo sugerem que manter a pressão das rodas traseiras da cadeira de rodas sempre calibrada em 100% da capacidade e configurar os casters de acordo a oferecerem menor distribuição de peso e com maiores diâmetros – sem aumento de peso considerável - pode ter um efeito positivo na propulsão manual, diminuindo a resistência ao rolamento e a intensidade das força de impulsão exigidas durante a propulsão manual, embora essas configurações tenham sido testadas em apenas um modelo de cadeira de rodas. Os dados sugerem uma correlação existente entre as configurações das cadeiras de rodas e a biomecânica da impulsão. Ressalta-se que a análise estatística não revelou diferenças significativas e, portanto, não é possível estabelecer conclusões definitivas com relação aos achados desta pesquisa. Possivelmente o pequeno tamanho da amostra associado à grande variação nas técnicas de propulsão entre os participantes - decorrente da inexperiência destes com o uso de cadeira de rodas e a condição de teste de mobilidade o mais rápido possível - tenham comprometido uma análise estatística comparativa das variáveis nas seis configurações analisadas.

De uma perspectiva do design ergonômico, o projeto intencional de casters com diretrizes que diminuam a resistência ao rolamento e a configuração do equipamento podem ser vistos como uma estratégia para reduzir as cargas sobre os membros superiores, propiciando uma melhor impulsão, beneficiando assim a mobilidade dos usuários. Além disso, ressalta-se a importância de se considerar o impacto de mudanças na configuração da cadeira de rodas e seus componentes sobre a

distribuição de peso, uma vez que este é apontado como um importante aspecto que influencia a resistência ao movimento da cadeira.

De modo geral, a presente pesquisa pode cooperar para as áreas do conhecimento do Design, Ergonomia, Tecnologias Assistivas, com relevância para os estudos em cadeira de rodas, principalmente indicando para o usuários manter a calibragem das rodas traseiras adequadas e, salientando o design como ciência de caráter interdisciplinar e demonstrando de que forma ao se interseccionar essas áreas do conhecimento é possível beneficiar as questões de tecnologia assistiva e mobilidade em cadeira de rodas.

A partir desse estudo, apresentam-se recomendações para pesquisas futuras como: avaliar a percepção de desconforto dos participantes; testes de com usuários com deficiência em seus trajetos diários; avaliar a dureza do material dos casters, a forma e largura do pneu; configurar a cadeira de rodas de modo individualizado para cada participante; e testar as configurações apresentadas nesse estudo em outros modelos de cadeira de rodas.

8. BIBLIOGRAFIA

ALCOLÉA, V. et al. Effect of Added Mass Location on Manual Wheelchair Propulsion Forces. In: **International Conference on Human Systems Engineering and Design: Future Trends and Applications**. Springer, Cham, 2019. p. 747-753.

ARDILA PINTO, A. M.; PARENTE RIBEIRO, L. Espaços públicos e mobilidade urbana: uma análise comparada dos arranjos normativos de Bogotá (Colômbia) e do Rio de Janeiro (Brasil). **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**. Bogotá, v. 26, n. 1, p. 171-186, 2017.

ASSUMPÇÃO, T. S. Órteses: Princípios Básicos. In: (Ed.). **Reabilitação da Mão**. São Paulo: Atheneu, 2006. p.539-553.

BARONIO, G. et al. A critical analysis of a hand orthosis reverse engineering and 3D printing process. **Applied bionics and biomechanics**, v. 2016, 2016.

BERSCH, R. **Introdução à Tecnologia Assistiva**. 2017. ed. Porto Alegre: Assitiva, 2017.

BERSCH, R.; TONOLLI, J. C. **Introdução ao conceito de Tecnologia Assistiva e modelos de abordagem da deficiência**. Porto Alegre: CEDI, 2006.

BERTHELETTE, M. et al. Assessing manual wheelchair caster design for mobility in winter conditions. **Assistive Technology**, v. 32, n. 1, p. 31-37, 2020.

BERTOLACCINI, G. et al. A Descriptive Study on the Influence of Wheelchair Design and Movement Trajectory on the Upper Limbs: Joint Angles. In: Rebelo, F.; Soares, M.. (Org.). **Advances in Ergonomics in Design**. AHFE 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing. 1ed.: Springer, 2017, v. 588, p. 645-651.

BERTOLACCINI, G. et al. The influence of axle position and the use of accessories on the activity of upper limb muscles during manual wheelchair propulsion. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v. 24, n. 2, p. 311-315, 2018.

BERTONCELLO, I.; GOMES, L.V.N. Análise diacrônica e sincrônica da cadeira de rodas mecanomanual. **Revista Produção**, v. 12 n. 1. 2002.

BONINGER, M. L et al. Relation between median and ulnar nerve function and wrist kinematics during wheelchair propulsion. **Archives of Physical Medicine Rehabilitation**, v.85, p.1141-1145, 2004.

BONINGER, M. L. et al. Propulsion patterns and pushrim biomechanics in manual wheelchair propulsion. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 83, n. 5, p. 718-723, 2002.

BONSIEPE, G. et al. **Metodologia experimental: desenho industrial**. Brasília: CNPq/Coordenação editorial, 1984.

BRASIL, Código de Trânsito Brasileiro. Lei nº. 12.587 de 03 de janeiro de 2012. **Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Brasília, 2012.

BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. **Tecnologia Assistiva**. Brasília: CORDE, 2009.

BÜRDEK, B. E. **Design: história, teoria e prática do design de produtos**. Editora Blücher, 2010.

CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2013.

CARVALHO FILHO, I. F. P. et al. Manufacturing Technology in Rehabilitation Practice: implications for its implementation in assistive technology production. **Advances In Intelligent Systems And Computing**, p. 328-336, 5 jun. 2019. Springer International Publishing.

CHAN, F.H.N. et al. The effect of caster types on global rolling resistance in manual wheelchairs on indoor and outdoor surfaces. **Assistive Technology**, v. 30, n. 4, p. 176-182, 2018.

CHAVES, E.S. et al. Assessing the influence of wheelchair technology on perception of participation in spinal cord injury. **Archives of Physical Medicine Rehabilitation**, v.85, p.1854-1858, 2004.

CHERUBINI, M.; MELCHIORRI, G. Descriptive study about congruence in wheelchair prescription. **European Journal of Physical Rehabilitation Medicine**, v.48, p.217-222, 2012.

COOK, A. M.; POLGAR, J. M. **Assistive technologies: principles and practice**. 4. St. Louis: Elsevier, 2015.

COOPER, R. A. et al. Methods for determining three-dimensional wheelchair pushrim forces and moments: a technical note. **Journal of Rehabilitation Research and Development**, v. 34, n. 2, p. 162-70, 1997.

CRESSWELL, T. Mobilities I: catching up. **Progress in human geography**, v. 35, n. 4, p. 550-558, 2011.

CROFT, L. et al. The effects of experience on the energy cost of wheelchair propulsion. **European journal of physical and rehabilitation medicine**, v. 49, n. 6, p. 865-873, 2013.

CUNICO, M. W. M. et al. Development of new rapid prototyping process. **Rapid Prototyping Journal**, v. 17, n. 2, p. 138-147, 2011/.

DIAS, Cristiane. A materialidade digital da mobilidade urbana: espaço, tecnologia e discurso. **Revista Línguas e Instrumentos Linguísticos**, n. 37, p. 157-175, 2016.

FESS, E. E. A history of splinting: to understand the present, view the past. **Journal of Hand Therapy**, v. 15, n. 2, p. 97-132, 2002.

GAGNON, D. et al. Trunk and shoulder kinematic and kinetic and electromyographic adaptations to slope increase during motorized treadmill propulsion among manual wheelchair users with a spinal cord injury. **BioMed research international**, v., 2015.

GORCE, P. *et al.* Wheelchair propulsion kinematics in beginners and expert users: influence of wheelchair settings. **Clinical Biomechanics**, Bristol, v. 27, n. 1, p. 7-15, 2012.

GROOT, S. de *et al.* Effect of wheelchair mass, tire type and tire pressure on physical strain and wheelchair propulsion technique. **Medical Engineering & Physics**, v. 35, n. 10, p. 1476-1482, 2013.

GROOT, S. de *et al.* Wheelchair propulsion technique and mechanical efficiency after 3 wk of practice. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, n. 5, p. 756-766, 2002.

GROOT, S. de et al. WHEEL-I: development of a wheelchair propulsion laboratory for rehabilitation. **Journal of rehabilitation medicine**, v. 46, n. 6, p. 493-503, 2014.

HENRIKSEN, P. A. *et al.* Wheelchair tyre pressure: a community survey and an investigation of effect of low pressure on physiological energy expenditure during self-propulsion. **Clinical Rehabilitation**, v. 8, n. 1, p. 36-40, fev. 1994.

KAUFMAN, P. The Lowering of Higher Education in America: why financial aid should be based on student performance. **Contemporary Sociology: A Journal of Reviews**, v. 39, n. 4, p. 486-487, 2010.

KAUZLARICH, J. J.; THACKER, J. G. Wheelchair tire rolling resistance and fatigue. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 22, n. 3, p. 25-41, 1985.

KIRBY, R. L. Principles of wheelchair design and prescription. **Principles of neurologic rehabilitation**, p. 465-481, 1997.

KITTEL, A. et al. Factors influencing the decision to abandon manual wheelchairs for three individuals with a spinal cord injury. **Disability and Rehabilitation**, v. 24, n. 1-3, p. 106-114, 2002.

KWARCIAK, A. M. et al. Evaluation of wheelchair tire rolling resistance using dynamometer-based coast-down tests. **Journal of Rehabilitation Research & Development**, v. 46, n. 7, p. 931-938, 2009.

LAHR, G. J. G. et al. Servomotor Assistance in the Improvement of Manual Wheelchair Mobility. **Studies in health technology and informatics**, v. 242, p. 786-792, 2017.

LENTON, J. P. et al. Wheelchair propulsion: effects of experience and push strategy on efficiency and perceived exertion. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 33, n. 5, p. 870-879, 2008.

LIANZA, S. Reabilitação: a locomoção em pacientes com lesão medular. In: **Reabilitação: a locomoção em pacientes com lesão medular**. 1994. p. 122-122.

LIN, J.; SPRIGLE, S. The influence of operator and wheelchair factors on wheelchair propulsion effort. **Disability And Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 15, n. 3, p. 328-335, 2019.

LÖBACH, B. **Design industrial**. São Paulo: Blücher, 2001

MEDOLA, F. O. et al. Aspects of manual wheelchair configuration affecting mobility: A review. **Journal of Physical Therapy Science**, v.26, n.2, p. 313-318, 2014.

MEDOLA, F. O. *et al.* Dolor en individuos con lesión de la médula espinal: un estudio descriptivo. **Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología**, v. 13, n. 2, p. 58-62, 2011

MEDOLA, F. O. et al. La selección de la silla de ruedas y la satisfacción de individuos con lesión medular. **Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología**, v. 13, n. 1, p. 17-21, 2010.

MEDOLA, F. O. et al. Partitioning kinetic energy during freewheeling wheelchair maneuvers. **IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering**, v. 22, n. 2, p. 326-333, 2013.

MEDOLA, F. O.; SPRIGLE, S. Avaliação da Inércia Rotacional de Cadeira de Rodas Manual: implicações para o design ergonômico. **Blucher Design Proceedings**, v. 1, n. 4, p. 2498-2509, 2014.

MENIN, M. Análise ergonômica de instrumentos líticos pré-históricos brasileiros: uma contribuição para a história da ergonomia. 2014. 107 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2014.

MIYAHARA, M. et al. The relationship of strength and muscle balance to shoulder pain and impingement syndrome in elite quadriplegic wheelchair rugby players. **International Journal of Sports Medicine**, v.19, n.3, pp.210– 214, 1998.

MORROW, M. M. B. Shoulder demands in manual wheelchair users across a spectrum of activities. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 20, n. 1, p. 61-67, 2010.

NIEMEYER L. **Design no Brasil: Origens e Instalação**. Rio de Janeiro: Editora 2AB, 2007.

OTT, J. et al. Evaluation of rolling resistance in manual wheelchair wheels and casters using drum-based testing. **Disability And Rehabilitation: Assistive Technology**, p. 1-12, 2020.

PAPANEK, V. **Design for the real world**. London: Thames and Hudson, 1972.

PICHLER, R. F.; MERINO, G. S. A. D. As equipes multidisciplinares na prática projetual e no contexto da TA: uma revisão sistemática. In: (Ed.). **Tecnologia Assistiva: estudos teóricos**. Bauru: Canal 6 Editora, 2018.

ROOKMAAKER, H.R. **Filosofia e estética**. Brasília: Monergismo, 2018.

SABICK, M.B. et al. A new method to quantify demand on the upper extremity during manual wheelchair propulsion. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 85, n. 7, p. 1151-1159, 2004.

SAMUELSSON, Å. B. K., Wheelchair Intervention: Principles and Practic. In: (Ed.). **International handbook of occupational therapy interventions**. New York: Springer, p. 91-98. 2009.

SAURET, C. *et al.* Assessment of field rolling resistance of manual wheelchairs. **The Journal Of Rehabilitation Research And Development**, v. 49, n. 1, p. 63-74, 2012.

SAWATZKY, B. J. *et al.* Measuring energy expenditure using heart rate to assess the effects of wheelchair tyre pressure. **Clinical Rehabilitation**, v. 19, n. 2, p. 182-187, 2005.

SAWATZKY, B. J. et al. The ergonomics of different tyres and tyre pressure during wheelchair propulsion. **Ergonomics**, v. 47, n. 14, p. 1475-1483, 2004.

SAWATZKY, B. J. *et al.* Wheeling efficiency: the effects of varying tyre pressure with children and adolescents. **Pediatric Rehabilitation**, v. 9, n. 2, p. 122-126, 2006.

SCATOLIM, R. L. et al. Legislação e tecnologias assistivas: aspectos que asseguram a acessibilidade dos portadores de deficiências. **InFor, Inov. Form., Rev. NEaD-Unesp**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 227-248, 2016.

SILVA, J. C. R. P.; PASCHOARELLI, L. C. **Marca Gráfica sob medida**. Editora Amazon, 2017.

SILVA, S. R. M. et al. Correlação entre ativação muscular e níveis de torque propulsor em diferentes tarefas de mobilidade em cadeira de rodas. **Human Factors in Design**, v. 6, n. 12, p. 002-014, 2017.

SPRIGLE, S. et al. Measurement of rolling resistance and scrub torque of manual wheelchair drive wheels and casters. **Assistive Technology**, p. 1-13, 2019.

THREE RIVERS. **SmartWheel User's Guide 2014**. Mesa, 2013.

TROMBLY, C. A. **Terapia ocupacional para disfunções físicas**. São Paulo: Santos, p. 604-607, 2005.

VAN DER WOUDE, L. H. V. et al. Seat height: effects on submaximal hand rim wheelchair performance during spinal cord injury rehabilitation. **Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 41, n. 3, p. 143-149, 2009.

YOKOTA, S. et al. Assistive wheelchair caster unit - improvement of step detection method. **Memorias de Congressos UTP**, v. 1, n. 1, p. 71-78, 30 set. 2018.

ZEPEDA, R. et al. The effect of caster wheel diameter and mass distribution on drag forces in manual wheelchairs. **Journal Of Rehabilitation Research And Development**, v. 53, n. 6, p. 893-900, 2016.