

ESTUDO DE VIABILIDADE E DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA A QUANTIFICAÇÃO DA MOBILIDADE FUNCIONAL EM PACIENTES COM PARALISIA CEREBRAL

Apresentado no
10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP
27 e 28 de novembro de 2019 - Sorocaba-SP, Brasil

MATHEUS DA NÓBREGA¹, ANDERSON BELGAMO², ANA FRANCISCA ROZIN KLEINER³

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, Bolsista PIBITI/CNPq, IFSP, Câmpus Piracicaba, matheus.nobrega@aluno.ifsp.edu.br.

² Professor Doutor, Coordenador Geral de Ensino, IFSP, Câmpus Piracicaba, abelgamo@gmail.com

³ Pós-graduanda em Fisioterapia, UFSCar, São Carlos, anafkleiner@gmail.com

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação

RESUMO: Este estudo tem por intuito promover a viabilização, desenvolvimento e utilização de um aplicativo para dispositivos móveis que realizará a quantificação de parâmetros sobre o grau de mobilidade funcional de pacientes com Paralisia Cerebral. Configurando-se como um estudo descritivo exploratório, esta pesquisa foi realizada a partir da coleta de informações e análise da problemática acerca da avaliação convencional do grau de mobilidade funcional de indivíduos com Paralisia Cerebral. Os dados obtidos apresentam a confiabilidade do uso de sensores inerciais no cenário clínico, visto que a quantificação obtida representa de modo preciso, o quadro de mobilidade funcional de um voluntário, observado durante os testes realizados. Por meio de estudo e análise dos resultados adquiridos, observou-se a falta de padrões do indivíduo observado através do uso de sensores inerciais presente em um dispositivo móvel. Observou-se também que os resultados representaram com precisão o que o voluntário demonstra no cotidiano. Ressalta-se que esses resultados servirão de subsídios para o desenvolvimento de uma plataforma de tomada de decisão para que profissionais de saúde possam orientar e gerar novos tratamentos para indivíduos com Paralisia Cerebral.

PALAVRAS-CHAVE: Paralisia Cerebral; parâmetros; análise; dispositivos móveis.

FEASIBILITY STUDY AND APPLICATION DEVELOPMENT FOR THE QUANTIFICATION OF FUNCTIONAL MOBILITY IN PATIENTS WITH CEREBRAL PALSY

ABSTRACT: This study aims to promote the feasibility, development and use of a mobile application that will quantify parameters on the degree of functional mobility of patients with Cerebral Palsy. The exploratory study was conducted from the collection of information and analysis of the problem concerning the conventional assessment of the degree of functional mobility of individuals with Cerebral Palsy. The collected data show the reliability of the use of inertial sensors in the clinical setting, since the quantification obtained accurately represents the functional mobility picture of a volunteer, observed during the tests performed. Through the study and analysis of the results, we observed the lack of patterns presented by the individual observed, thus enabling the use of these devices to quantify the degree of functional mobility. These results accurately represented what the volunteer demonstrates in daily life. It is noteworthy that these results will support the development of a decision-making platform for health professionals to guide and generate new treatments for individuals with Cerebral Palsy.

KEYWORDS: Cerebral Palsy; parameters; analyze; mobile devices.

INTRODUÇÃO

A Paralisia Cerebral (PC) é uma anomalia permanente e atualmente sem cura, causada prioritariamente por lesões no cérebro (LEITE *et al.*, 2004). A PC ocasiona sérios danos no meio pelo qual o indivíduo se move no ambiente e sob a ótica do diagnóstico, a quantificação da espasticidade em pacientes são descoincidentes e não existe hoje um método único e preciso para essa quantificação, há,

entretanto, uma classificação definida através de dois critérios apenas. Assim sendo, a quantificação precisa da mobilidade funcional é uma meta de extrema importância na reabilitação de indivíduos com PC, objetivando propiciar melhor participação nas atividades cotidianas e a um melhor desenvolvimento físico (TEIXEIRA *et al.*, 1998; MANCINI *et al.*, 2002; KLEINER *et al.*, 2015).

Nos últimos anos, o interesse no uso de dispositivos móveis para a quantificação da mobilidade funcional em pacientes com PC vem crescendo consideravelmente. Para reiterar essa afirmação, Gorter *et al.* (2012) analisaram a viabilidade do uso de um acelerômetro para quantificar a mobilidade funcional de indivíduos com distúrbios congênitos na marcha. Foi possível afirmar que os acelerômetros foram capazes de capturar o volume da atividade bruta do paciente e atividades mais específicas, como sentar, andar ou correr. Além disso, os estudos de Nishiguchi *et al.* (2012) avaliaram a confiabilidade e validade de sensores de celular e os resultados também indicam que os celulares utilizados tinham a capacidade de quantificar parâmetros de marcha com um grau de acurácia que é compatível a acelerômetros convencionais. Já os estudos de Alcaraz *et al.* (2015) promovem o uso de uma plataforma *Android* para desenvolvimento de *softwares mobile* para quantificar tais parâmetros, uma vez que isso ampara a afirmação de Chen *et al.* (2016) no que se refere à necessidade de substituição dos métodos convencionais por novas tecnologias para quantificação da mobilidade funcional em pacientes com PC.

MATERIAL E MÉTODOS

Durante o desenvolvimento do projeto, foi realizado um teste metodológico com um voluntário com quadro de PC diplérgica espástica com maior comprometimento dos membros superiores. Este teste tinha por intuito realizar a quantificação do grau de mobilidade funcional desse indivíduo, quantificando parâmetros sobre número de passos dados, distância percorrida e número de pisos subidos através do uso de um *smartwatch*. O voluntário, nascido em 14 de junho de 1995, tinha 23 anos, 1,71 metros e 56 quilogramas. De acordo com a Escala de Mobilidade Funcional (EMF) ele é nível 5 para distâncias curtas (5 metros) e médias (50 metros), e nível 4 para distâncias longas (500 metros).

Os dados obtidos durante esse teste metodológico foram tratados por meio de estatística descritiva, onde são apresentados a média, a mediana, o desvio médio, o desvio padrão, o coeficiente de variação e os valores máximo e mínimo dos números de passos, distância percorrida e pisos subidos mensalmente durante os meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2018 e do número total de dias em que o voluntário utilizou o *smartwatch*. Foram obtidos 160 dias de análise de dados, dos quais os primeiros sete dias foram um período de adaptação do paciente ao uso do *smartwatch*. Desses 160 dias, 35 não apresentaram resultados, pelo fato de o paciente não ter utilizado o *smartwatch*.

Simultaneamente a realização do teste metodológico foi desenvolvido por meio da plataforma *Android* o aplicativo para quantificação da mobilidade funcional. O desenvolvimento do aplicativo foi realizado usando a plataforma *Android Studio*, que consiste em um ambiente de desenvolvimento integrado a fim de desenvolver aplicativos para *Android* e a utilização do Banco de Dados SQLite para armazenamento das informações. O principal objetivo do aplicativo consiste em capturar os dados do acelerômetro do celular durante um tempo pré-estabelecido pelo usuário. Dessa forma, durante determinado tempo, os dados do acelerômetro estarão sendo registrados pelo celular. Optou-se por uma interface simples e que contemplasse duas telas: cadastro e teste. A seguir, são apresentadas as telas do aplicativo desenvolvido. A tela inicial (Figura 1a) dá ao usuário duas opções: Cadastrar Paciente e Adicionar Teste. Ao clicar na opção “Cadastrar Paciente”, o aplicativo direciona para a tela de Listagem de Pacientes cadastrados. Se desejar cadastrar um novo paciente basta clicar no botão “+” do lado direito inferior, conforme apresentado na Figura 1(b). Na tela de Cadastro de Pacientes (Figura 1c), o usuário deve digitar as informações solicitadas.

Com o paciente cadastrado, o usuário retorna a tela inicial e pode escolher a opção “Adicionar Teste”. Na tela de teste, o usuário seleciona o paciente que irá realizar o teste e configura o tempo de execução do teste (medido em segundos). Observa-se na Figura 1(d) que um contador regressivo é apresentado na tela e ao final do teste, um sinal sonoro é emitido. Ao finalizar o período de testes, um e-mail é encaminhado ao responsável pela execução do teste (Figura 1e). Nesse e-mail é encaminhado todas as leituras realizadas pelo acelerômetro do celular, bem como os dados dos sensores do celular.

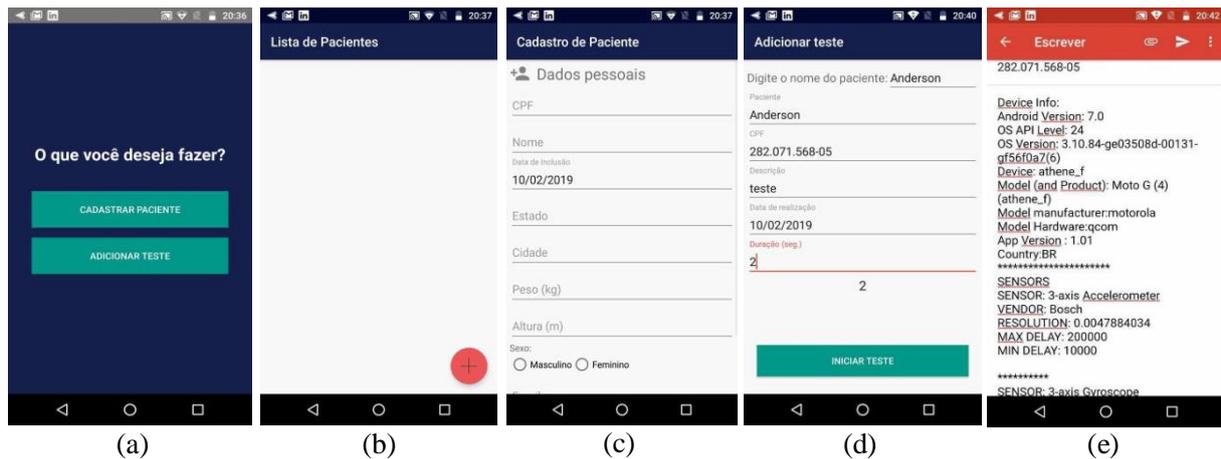


FIGURA 1. Página Inicial (a), Lista de Pacientes (b) Cadastro de Paciente (c), Tela de realização de Teste (d) e Informações enviadas por e-mail ao final de cada teste realizado (e).

O Filtro de Kalman é um recurso que se baseia em aplicações matemáticas a fim de conter os excessos de ruídos gerados por um sinal e excessos de informações desnecessárias coletadas durante a quantificação de dados de modo que apresente um resultado mais preciso e com maior grau de acurácia e confiabilidade (Chen *et al*, 2016). Dessa forma, os dados coletados pelo aplicativo desenvolvido foram submetidos ao Filtro de Kalman para contenção de picos de frequências.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as medidas obtidas dos 125 dias de atividade quantificados pelo *smartwatch*. Observa-se que pelas medidas de dispersão não existe um padrão diário de número de passos, distância percorrida e pisos subidos.

TABELA 1. Dados obtidos com o uso do *Smartwatch* durante o teste metodológico realizado.

Mês	Dias de atividade	Total	Média (por dia)	Mediana (por dia)	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Passos							
Julho	7	15.871	2.267	1.921	911,93	3.560	1.333
Agosto	28	115.733	4.133	3.437	2527,33	9.625	449
Setembro	29	134.170	4.627	4.179	2761,02	11.573	468
Outubro	25	123.356	4.934	4.468	3139,39	12.429	814
Novembro	13	32.313	2.486	2088	1482,34	5.852	441
Dezembro	23	76.465	3.325	3.032	2258,95	7.671	251
Total Geral	125	497.908	4.085	3.446	2670,25	12.429	441
Distância							
Julho	7	11460	1637,14	1390	655,53	2570	970
Agosto	28	83530	2983,21	2485	1825,47	6950	320
Setembro	29	96.870	3.340	3.020	1993,36	8360	340
Outubro	25	82.790	3.450	3.205	2243,01	8960	590
Novembro	13	23360	1796,92	1510	1071,65	4230	320
Dezembro	23	55.240	2.402	2.190	1631,82	5540	180
Total Geral	125	353.250	2921,28	2490	1911,51	8960	180
Degraus							
Julho	7	16	2,29	1	3,25	7	0
Agosto	28	220	7,86	4,5	8,22	30	0
Setembro	29	273	9,41	8	8,56	32	0
Outubro	25	338	13,52	11	14,18	46	0
Novembro	13	102	7,85	6	9,81	36	0
Dezembro	23	138	6,00	4	7,43	25	0
Total Geral	125	1087	9,08	5	10,06	46	0

No decorrer do teste realizado foi possível observar que nos dias em que o paciente tem um número consideravelmente alto de passos dados, no dia seguinte os resultados são consideravelmente mais baixos (Figura 2). Isso ocorre em razão da fadiga excessiva do músculo estimulado para que seja possível realizar o movimento, fazendo com que o paciente tenha que ser mais conservador no dia seguinte. A mesma análise ocorre com a distância percorrida e degraus subidos. Em relação aos degraus subidos observou-se que o voluntário teve uma queda no desempenho quando no dia anterior ele subiu/desceu um maior número de degraus. Tal diminuição no desempenho pode ser caracterizada devido ao fato de que para subir um degrau o estímulo ao músculo é subitamente maior em relação a realização do ciclo da marcha, pois é necessário não apenas movimentar o músculo linearmente, é preciso elevar o pé a uma determinada altura para que possa subir o degrau, e a PC tem como efeito uma força contrária a esse estímulo, o que ocasiona dificuldade em subir degraus constantemente.

Observa-se que em determinados dias não houve registro de atividades pelo voluntário, o que fica demonstrado na descontinuidade das linhas dos meses representados na Figura 2.

Sendo assim, caracterizando-se como uma das consequências da PC no desenvolvimento locomotor do indivíduo, foi possível observar que não há padrões expressos na mobilidade funcional do paciente, visto que o desvio padrão apresenta um alto resultado. É importante observar que em determinados dias o voluntário consegue se locomover com mais de dez mil passos diários, o que é considerado um número ideal para uma pessoa saudável. Reitera-se que os resultados obtidos podem ser utilizados para que um planejamento mais eficaz seja realizado por fisioterapeutas e educadores físicos com o objetivo de permitir uma vida mais saudável aos pacientes com PC e proporciona-los um melhor desenvolvimento físico.

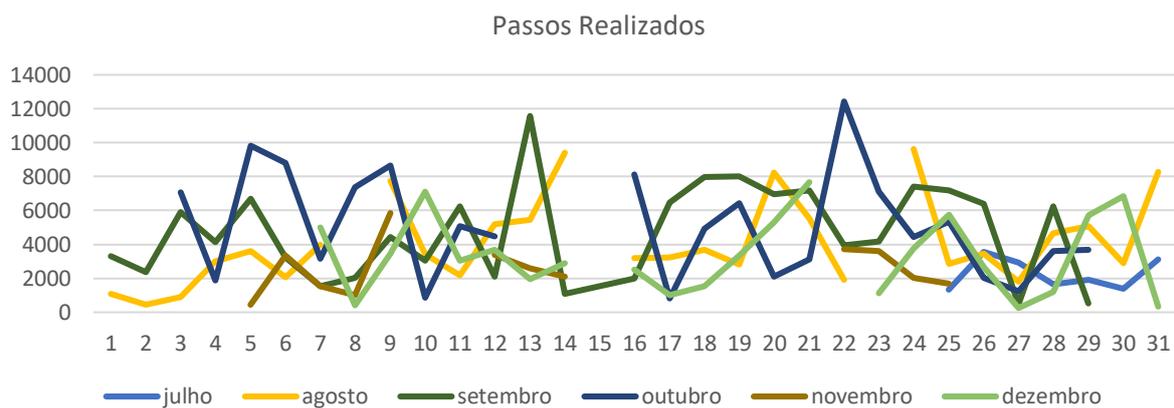


FIGURA 2. Número de passos dados pelo voluntário durante o teste.

Embora o *smartwatch* utilizado possa ser um meio para coleta e quantificação do movimento, sua utilização pode ser inviabilizada devido ao custo de aquisição e ao fato do não acesso aos dados brutos coletados, por exemplo, valores x, y e z dos acelerômetros. Assim, o aplicativo desenvolvido pode ser uma alternativa considerando o baixo custo de aquisição de um *smartphone* e especialmente a aquisição de dados brutos que podem ser tratados pela aplicação do Filtro de Kalman.

Nesse sentido, os dados coletados pelo aplicativo desenvolvido foram tratados pelo Filtro de Kalman em um computador convencional. O resultado do conjunto de dados captados pelos sensores e o mesmo conjunto de dados após a aplicação do Filtro de Kalman podem ser observados na Figura 3.



FIGURA 3. Dados quantificados pelos sensores antes e após o tratamento matemático do Filtro de Kalman.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento do trabalho possibilitou um estudo de viabilidade sobre o uso de *softwares* para dispositivos móveis para realizar a quantificação da mobilidade funcional em pacientes com PC, promovendo um método mais prático e acessível para realizar esta mensuração. Ao realizar o teste metodológico, foi possível observar que, na prática, a locomoção do indivíduo com PC diverge da classificação do mesmo segundo a EMF, pois quando o voluntário foi avaliado pela EMF ele é classificado como nível 4 para longas distância, ou seja, caminha no ambiente sem ajuda de pessoas ou equipamentos, mas as vezes utiliza como suporte algum móvel, paredes, alambrados ou frente de lojas. Logo, a análise feita com *smartwatch* proporcionou mais informações sobre a sua locomoção, observando discrepâncias entre os métodos mais convencionais da análise de padrões na marcha de indivíduos com PC em relação ao que apresentam no cotidiano.

O trabalho ainda ilustra que o uso de celulares ao invés do *smartwatch* permite diminuir o custo para o desenvolvimento das pesquisas além do fato de permitir que diversos pacientes possam gerar mais dados para análise, abordando de forma contínua a análise de movimento desses indivíduos, sem fatores como o de ambientes clínicos que poderiam influenciar na observação de padrões na marcha desses pacientes. Além disso, os dados brutos obtidos do *smartphone* podem ser tratados pelo Filtro de Kalman, representando com mais precisão os parâmetros quantificados.

Evidencia-se que esses dados quantificados pelo aplicativo servirão de subsídio para que profissionais da saúde possam gerar novos tratamentos com base nessas informações coletadas a respeito do paciente. Para mais, pretende-se como trabalhos futuros a criação de uma plataforma de tomada de decisão baseada nos dados coletados pelos *smartphones*.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro na elaboração desde projeto por meio de bolsa PIBITI.

REFERÊNCIAS

ALCARAZ, J. C.; MOGHADDAMNIA, S.; PEISSIG, J. An Android-based Application for Gait Performance Analysis and Rehabilitation. IEEE International, 2015.

CHEN, S.; LACH, J.; LO, B.; YANG, G.. Toward Pervasive Gait Analysis With Wearable Sensors: A Systematic Review. IEEE Journal Of Biomedical And Health Informatics, Vol. 20; No. 6; November, 2016

GORTER, J. W.; NOORDUYN, S. G.; OBEID, J.; TIMMONS, B. W. Accelerometry: A Feasible Method to Quantify Physical Activity in Ambulatory and Nonambulatory Adolescents with Cerebral Palsy. Hindawi Publishing Corporation. International Journal of Pediatrics, 2012

KLEINER, A. F. R.; GALLI, M. ; ALBERTINI, G. ; BATISTELA, R. A. ; SÁNCHEZ-ARIAS, M. R. ; MANCINI, M. C. ; GOBBI, L. T. B. . Context-Dependency of Mobility in Children and Adolescents with Cerebral Palsy: Optimal and Natural Environments. Journal of Policy and Practice in Intellectual Disabilities. Vol. 12, PG 288-293, 2015.

LEITE, J. M. R. S.; PRADO, G. F. Paralisia Cerebral – Aspectos Fisioterapêuticos e Clínicos [Online], 2004. Disponível em: <http://www.revistaneurociencias.com.br/edicoes/2004/RN%2012%2001/Pages%20from%20RN%2012%2001-7.pdf> Acesso em 05/11/18.

MANCINI, M. C.; FIÚZA, P. M.; REBELO, J. M.; MAGALHÃES, L. C.; COELHO, Z. A. C.; PAIXÃO, M. L.; GONTIJO, A. P. B.; FONSECA, S. T. Comparação no Desempenho de Atividades Funcionais Em Crianças com Desenvolvimento Normal e Crianças com Paralisia Cerebral [Online], 2002. Disponível em: <http://w.scielo.br/pdf/anp/v60n2B/10210.pdf> Acesso em: 05/11/2018.

NISHIGUCHI, S.; YAMADA, M.; NAGAI, K.; MORI, S.; KAJIWARA, Y.; SONODA, T. YOSHIMURA, K.; YOSHITOMI, H.; ITO, H.; OKAMOTO, K.; ITO, T.; MUTO, S.; ØSTENSJØ, S; CARLBERG, E. B.; VØLLESTAD, N. K. Motor Impairments In Young Children With Cerebral Palsy: Relationship To Gross Motor Function And Everyday Activities. Developmental Medicine And Child Neurology, 2003.

TEIXEIRA, L. F.; OLNEY, S. J.; BROUWER, B. Mecanismos e Medidas de Espasticidade. Revista Fisioterapia. Universidade de São Paulo [Online], Vol. 5. N. 1., 1998. PG 04 – 19. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/fpusp/article/viewFile/76781/80643> Acesso em 25/11/2018.