

# iD124 - ACTIDEF Avaliação Computacional e Tecnológica Integrada do Desempenho e Funcionalidade de Cidadãos com Incapacidades Músculo-Esqueléticas

Mendes, Emília  
CRPG  
Av. João Paulo II  
4410- 406 Arcozelo V.N.G  
00351227537771  
emilia.mendes@crpg. pt

Tavares, João Manuel R.S.  
INEGI/FEUP  
Rua Dr. Roberto Frias  
4200-465 Porto  
00351225081487  
tavares@fe.up.pt

Correia, Miguel Velhote  
INEB/FEUP  
Rua Dr. Roberto Frias  
4200-465 Porto  
0035122508188  
mvcorreia@fe.up.pt

## RESUMO

Neste artigo descrevem-se as actividades desenvolvidas no âmbito do projecto iD124 (Pos-C 242/4.2/C/REG) visando a criação de um centro de recursos computacionais e tecnológicos integrados para a avaliação do desempenho e funcionalidade associados ao movimento humano. São descritas as fases do projecto e a metodologia utilizada e apresentados os resultados das fases de validação e integração do equipamento considerando 5 sujeitos sem alterações do movimento bem como a preparação da fase de testes piloto a efectuar com 9 sujeitos com alterações do movimento. Descrevem-se também as características dos equipamentos integrados, protocolos e pressupostos de análise. Conclui-se que o centro de recursos computacionais – Laboratório de Análise do Movimento – dispõe do equipamento e metodologia de análise adequados aos fins previstos conforme divulgado no site do projecto em [www.cprg.pt/actidef/](http://www.cprg.pt/actidef/).

## Palavras-chave

Análise de marcha, análise de movimento, diagnóstico, biomecânica, cinemática, cinética, electromiografia, problemas neuromusculares, reabilitação funcional.

## 1. INTRODUÇÃO

A plena participação das pessoas com alterações neuromusculares na vida activa e profissional bem como a concretização plena da sua cidadania dependem de um número elevado de factores. A importância da promoção da saúde e qualidade de vida associadas à funcionalidade e aos níveis de actividade física têm sido amplamente divulgados e representam um desafio. O diagnóstico, avaliação e prescrição de intervenções relacionadas com as alterações neuromusculares, o desenvolvimento adaptação e fabrico, bem como treino e ajustamento de dispositivos médicos, às características individuais, são alguns dos factores que contribuem largamente para o sucesso ou insucesso do projecto de vida do indivíduo.

Estes factores são determinantes na promoção e participação dos cidadãos na vida activa e profissional, nos diferentes níveis:

- Pessoal – motivação, mobilidade, locomoção, capacidade de realização de tarefas da vida diária, nível de auto-suficiência.
- Familiar – diminuição do nível de dependência.
- Social – participação plena e contribuição de todos, redução dos níveis de dependência.

Embora não sendo claramente conhecidos os custos do não sucesso, neste domínio, é conhecida a importância que o seu controlo tem. A subjectividade e a não eficiência, desmotivam o cidadão e também o profissional, desacreditam o serviço e aumentam os níveis de retorno e de abandono. Actualmente o controlo e monitorização do processo fazem-se essencialmente em ambientes controlados (ginásios, por exemplo), não representativos da realidade dos sujeitos. Existe cada vez mais a necessidade de aumentar a qualidade na escolha da solução, na sua execução e adaptação e a utilização de métodos quantitativos de medida que permitem comparar e validar as soluções existentes e melhorar a intervenção. Daí o interesse no estudo, desenvolvimento, implementação, disseminação e disponibilização na comunidade científica e técnica de conhecimentos que permitem aumentar o nível de controlo dos factores referidos.

A integração das novas tecnologias para a avaliação e monitorização referidas não são ainda comuns em Portugal. Existe no país apenas um laboratório, no Centro de Medicina de Reabilitação de Alcoitão, montado para apoiar processos de reabilitação.

O projecto Actidef pretendeu desenhar, implementar e testar um serviço capaz de responder àquela necessidade. Um dos objectivos de desenvolvimento pretendidos é a monitorização da mobilidade no ambiente real do dia-a-dia do sujeito. Este objectivo traduz também o carácter inovador, já que habitualmente este tipo de avaliação é apenas efectuada em contextos controlados. A sua concretização far-se-á pela adaptação e integração de um dispositivo electrónico portátil que permite realizar uma recolha de dados caracterizadores da locomoção e da

actividade do seu portador em ambiente real durante um período de tempo alargado. A informação assim recolhida será integrada com a das outras modalidades do laboratório e analisadas conjuntamente. O projecto visou assim o desenvolvimento de métodos quantitativos de medição e análise baseados em conhecimentos científicos e técnicos aplicados aos domínios do movimento e função humana.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO

A análise clínica da marcha é usualmente considerada como sendo a medição, o processamento e a interpretação sistemática dos parâmetros biomecânicos, que caracterizam a locomoção humana e facilitam a identificação de limitações no movimento de maneira a projectar planos adequados de reabilitação [1, 2]. O termo “análise clínica da marcha” deveria apenas ser aplicado ao estudo realizado por laboratórios capazes de adquirir e tratar de forma instrumentada a informação cinemática, cinética, energética e mioeléctrica do movimento, integrando pessoal especializado capaz de interpretar clinicamente essa informação [3]. Os métodos predominantes na análise clínica da marcha são a medição da cinemática, da cinética e da actividade muscular durante o ciclo de marcha [1, 4]. A pressão plantar pode não ser considerada uma componente básica da análise clínica da marcha, porém a medição das pressões plantares durante a marcha é uma mais-valia à avaliação clínica do sujeito [3]. A cinemática consiste na caracterização do movimento sem referência às forças envolvidas. A cinética descreve as forças internas e externas que actuam num corpo em movimento [5]. A electromiografia serve para definir a actividade muscular que controla os movimentos durante a marcha [6]. A pressão plantar permite a análise pormenorizada da distribuição da carga entre a planta do pé e a respectiva superfície de contacto [7]. A tomada de decisão relativa a problemas relacionados com alterações do padrão de movimento poderá ser apoiada por medidas, objectivas e replicáveis dos parâmetros que lhes estão associados. A potencialidade do uso de dados de marcha inclui a determinação da eficácia das intervenções e a interpretação correcta das causas primárias para a disfunção [8]. O sujeito tem um papel activo no processo podendo acompanhar e melhorar os seus resultados através dos indicadores estabelecidos. O alinhamento das ajudas técnicas, nomeadamente das próteses para o membro inferior, tem uma influência determinante na qualidade do resultado final no sujeito [9]. A determinação exacta de

alguns parâmetros de alinhamento, efectuada em contexto de laboratório, permite obter ganhos de tempo no período de adaptação e no conforto percebido [10].

## 3. RESULTADOS

O projecto, desenvolvido entre Novembro de 2006 e Janeiro de 2007, integrou 5 fases de trabalho:

- i. Organização e planeamento.
- ii. Pesquisa abrangente dos dispositivos existentes no mercado, sistematizada em relatórios técnicos elaborados por tipo de tecnologia os quais serviram de fundamentação à elaboração das especificações técnicas.
- iii. Selecção, teste e aquisição do equipamento considerado ajustado.
- iv. Integração e validação do equipamento.
- v. Plano de exploração e implementação do Serviço.

Detalham-se a seguir os resultados relativos à integração, teste e validação do equipamentos.

### 3.1 Equipamento.

A análise clínica da marcha processa-se habitualmente em espaços próprios controlados que integrem de uma forma sincronizada os sistemas cinemáticos, cinéticos, electromiográficos e barométricos referidos. No projecto e para análise biomecânica do movimento são usadas 4 câmaras vídeo digitais comuns (formato PAL, a 25 Hz, com 768x576 pixels de resolução), uma plataforma de forças, de 60x40cm, modelo 9281B da Kistler Instruments, Winterthur, Switzerland, uma plataforma de pressões modelo Footscan 3D com o *software Gait Scientific* da RSscan Internacional, Olen, Belgium, e um sistema de electromiografia constituído por 8 canais da Myomonitor III, Delsys, Boston, USA, e 4 canais da Bagnoli, Delsys, Boston, USA. Em termos de *software* é usado o *Simi Motion* para posterior visualização da informação cinemática e cinética do movimento e o *Gait Scientific* da RSscan Internacional, para o tratamento e visualização dos dados adquiridos pela plataforma de pressão.

Com o *software Simi Motion* faz-se o tratamento dos dados da cinética, cinemática e electromiografia podendo visualizá-la segundo gráficos 2D e pela sobreposição do vector da força de reacção do solo com as imagens previamente adquiridas para a análise da marcha. A plataforma de pressões Footscan 3D tem 60cm de comprimento e 40cm de largura e embora não se recorra à plataforma de pressões para os cálculos cinéticos, é interessante ter esta informação sincronizada com as imagens do movimento e com a plataforma de força.

### 3.2 Integração e testes de validação.

A metodologia e equipamento foram validados num conjunto constituído por 5 sujeitos sem alterações do movimento, concluindo-se que permitem obter, processar e

“Inclusão Digital: Apresentação dos resultados dos projectos de I&D”.

**Data:** 4 Abril 2007

**Local:** Escola Superior de Educação de Leiria (Inst. Politécnico de Leiria)

**Organização:** UMIC – Agência para a Sociedade do Conhecimento I.P

**Apoios:** Rede EDeAN (*European Design for All eAccessibility Network*), Secretariado Nacional para a Reabilitação e Integração das Pessoas com Deficiência e Centro de Recursos Inclusão Digital (CRID) da Escola Superior de Educação de Leiria.

analisar os dados do movimento de forma adequada nomeadamente da marcha humana, com interesse para as aplicações identificadas e conformes com as referências bibliográficas mais relevantes na área.

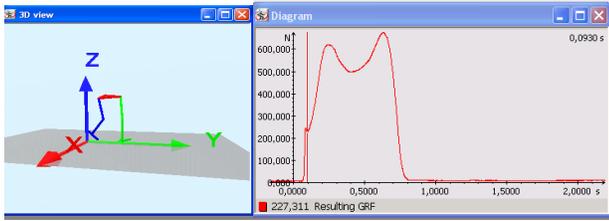


Figura 1. Visualização 3D do movimento dos membros inferiores e gráfico da força resultante no MI direito.

Foram recolhidas imagens sincronizadas em 4 câmaras, força e pressões em 5 momentos consecutivos por cada sujeito. A recolha, efectuada após habituação do sujeito às condições de análise, efectuou-se em condições iguais para todos. Aplicou-se em todos os casos o protocolo de colocação de marcadores sugerido pela SIMI, que utiliza os modelos antropométricos Hanava para determinação dos segmentos articulares e centros de massa partindo de coordenadas 3D dos pontos anatómicos indicados.

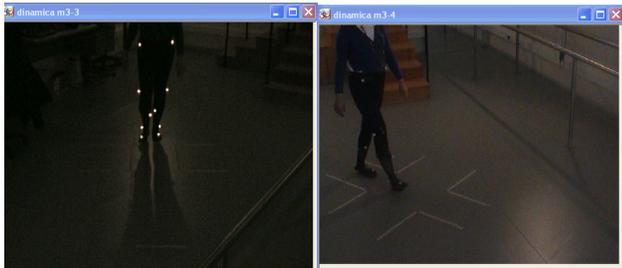


Figura 2. Sujeito visto em plano frontal e sagital respectivamente, com marcadores fotorefectivos.

A avaliação das pressões plantares dos sujeitos é efectuada em uni - passo dado o tamanho da plataforma disponível não permitir a análise simultânea de um passo esquerdo e um direito consecutivos. O sistema de avaliação de pressões plantares disponibiliza indicação específica do tempo para cada etapa da fase de apoio, indicação da força resultante e indica, por área anatómica, as pressões e impulsos a que está sujeito o pé.

É possível, para cada avaliação/sujeito, obter uma categorização do pé e uma proposta de ortótese plantar adequada.

O sistema de pressões plantares permite igualmente a avaliação e treino do equilíbrio, utilizando-se um software específico o *Gait Balance* partindo da utilização do mesmo hardware.

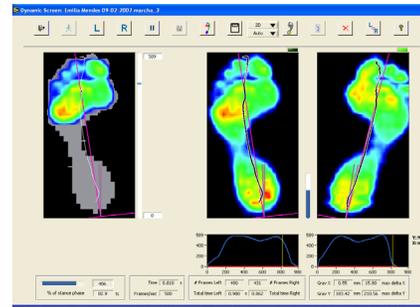


Figura 3. Resultado da avaliação das pressões plantares (passos não consecutivos).

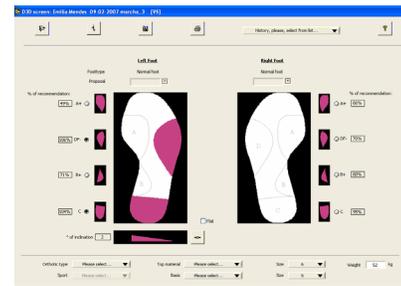
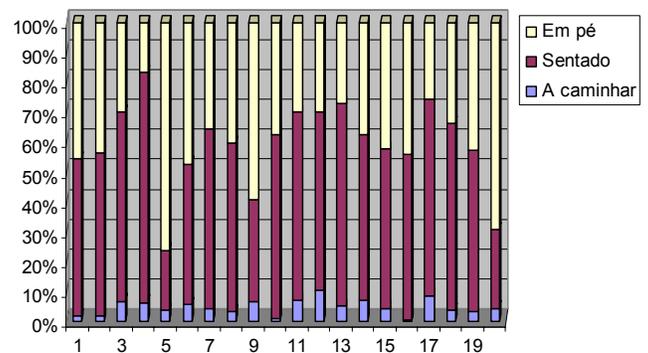


Figura 4. Sugestão de ortótese plantar para a avaliação supra.

A análise do contributo muscular para o movimento é obtida pela indicação do instante e tempo de activação do músculo, sendo no entanto possível obter amplitude e frequência de sinal muscular.

A avaliação em contexto real, validada num grupo de 20 amputados transfemorais, em medição em 7 dias consecutivos, permitiu obter os seguintes resultados.

Gráfico 1. Tempo em pé, sentado e a andar de 20 amputados transfemorais durante 7 dias consecutivos.



O grupo de clientes representativo do público alvo a avaliar é constituído por:

- a) 3 amputados transtibiais.

b) 3 utilizadores de ortóteses de membro inferior.

c) 3 crianças/jovens (4-15 anos) com paralisia cerebral.

Os protocolos a aplicar são os seguintes:

a) Alinhamento estático da prótese recorrendo a linha de carga efectiva.

b) Registo e avaliação dos parâmetros de marcha de pessoas com ortóteses de membros inferiores.

b) Registo e avaliação dos parâmetros de marcha de pessoas com paralisia cerebral.

#### 4. DISCUSSÃO

Neste artigo foram apresentadas sumariamente as áreas chave úteis à análise do movimento e a aplicação prática destes sistemas ao laboratório do CRPG. Actualmente, todos os sistemas estão a funcionar, havendo contudo desenvolvimentos em curso nomeadamente a validação de um conjunto de protocolos clínicos aplicados à amostra de sujeitos com alterações do sistema neuromusculoesquelético. A análise do movimento é uma área em contínua evolução, porém o seu estado actual já é uma mais-valia considerável no tratamento de várias patologias neuromusculares e músculo-esqueléticas [11]. Algumas das vantagens são a objectividade, fiabilidade e replicabilidade face à simples observação visual e a capacidade de quantificar e caracterizar o movimento dos segmentos corporais segundo vários eixos anatómicos. Contudo são usualmente identificadas fontes de erro associadas ao uso dos sistemas utilizados: a) colocação incorrecta dos marcadores nos pontos anatómicos; b) movimento dos marcadores associados ao movimento devido a tecidos moles; c) erros na determinação dos centros articulares, particularmente no caso da anca; e d) multiplicação do erro.

#### 5. CONCLUSÕES

Face aos resultados experimentais já obtidos, da integração dos sistemas tecnológicos – 4 câmaras vídeo digitais comuns (formato PAL, a 25 Hz com 768x576 pixels de resolução), uma plataforma de forças, de 60x40cm, modelo 9281B da Kistler Instruments, Winterthur, Switzerland, uma plataforma de pressões modelo Footscan 3D com software *Gait Scientific* da RSscan Internacional, Olen, Belgium, um sistema de electromiografia constituído por 8 canais da Myomonitor III, Delsys, Boston, USA, e 4 canais da Bagnoli, Delsys, Boston, USA e software *SIMI Motion* e das considerações identificadas na discussão, conclui-se que o centro de recursos computacionais permite concretizar o objectivo previsto no projecto. No entanto, deverão ser alvo de atenção os aspectos técnicos e assegurada a contínua evolução tecnológica, metodológica e conhecimento especializado.

#### 6. AGRADECIMENTOS

Os nossos agradecimentos ao programa UMIC e Pos-C pelo apoio financeiro ao projecto. Gostaríamos ainda de sublinhar e agradecer a participação de todos os colaboradores envolvidos bem como de alguns participantes externos nomeadamente o apoio da Dr.<sup>a</sup> Mafalda Santos do Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia, do Dr. Pedro Cantista da Sociedade Portuguesa de Medicina Física e Reabilitação e de todos os restantes clínicos que tem apoiado o seu desenvolvimento.

#### 7. REFERÊNCIAS

- [1] Anderson, R.E. Social impacts of computing: Codes of professional ethics. *Social Science Computing Review*, 2 (Winter 1992), 453-469.
- [2] Conger., S., and Loch, K.D. (eds.). Ethics and computer use. *Commun. ACM* 38, 12 (entire issue).
- [3] Mackay, W.E. Ethics, lies and videotape... in *Proceedings of CHI '95* (Denver CO, May 1995), ACM Press, 138-145.
- [4] Schwartz, M., and Task Force on Bias-Free Language. *Guidelines for Bias-Free Writing*. Indiana University Press, Bloomington IN, 1995.
- [5] D. Winter, *Biomechanics and motor control of human movement*, 3<sup>rd</sup> edition ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005.
- [6] R. Merletti and P. Parker, *Electromyography: Physiology, engineering and noninvasive applications*: Wiley-IEEE Press, 2004.
- [7] D. Rosenbaum and H. P. Becker, Plantar pressure distribution measurements. Technical background and clinical applications, *Foot and Ankle Surgery*, 3, pp. 1-14, 1997.
- [8] P.Barker, Susan; Freedman, William; Hillstron Howard: *A novel method of producing a repetitive dynamic signal to examine reliability and validity of gait analysis systems*. *Gait & Posture* 24 (2006) 448-452.
- [9] S. Blumentritt, T. Schmalz, R. Jarasch, M. Schneider, *Effects of sagittal plane prosthetic alignment on standing trans-tibial amputee knee loads*, *Prosthetics and orthotics international*, 23: 231-238, 1999.
- [10] S. Blumentritt, T. Schmalz, R. Jarasch *Energy expenditure and biomechanical characteristics of lower limb amputee gait: the influence of prosthetic alignment and different prosthetic components*, *Gait Posture*, 16: 255-63, 2002
- [11] A. Cappozzo, U. Della Croce, A. Leardini, and L. Chiari, Human movement analysis using stereophotogrammetry: Part 1: theoretical background, *Gait & Posture*, 21, pp. 186-196, 2005