

Reabilitação Fisioterapêutica por meio de Jogos Digitais: Uma abordagem baseada em Lógica Fuzzy, Câmera de Profundidade e Dispositivos Vestíveis

Tiago Pereira Remédio e Alexandro Baldassin

Univ Estadual Paulista (UNESP)

Rio Claro, Brasil

ensino@tiagoremedio.com.br, alex@rc.unesp.br

Resumo—Este trabalho visa a construção de uma ferramenta de auxílio fisioterapêutico, que promova através de tecnologias da computação, como a lógica Fuzzy, um tratamento personalizado, motivador e eficaz. Inicialmente fez-se uma verificação da literatura e trabalhos relacionados, seguido de uma análise das necessidades da fisioterapia para, enfim, criar uma proposta de solução computacional. A solução computacional envolve câmera de profundidade e sensores vestíveis para obter dados corporais e, através de análise de dados e utilização de métodos de inteligência artificial, prover uma forma intuitiva, motivadora e eficiente para o tratamento fisioterapêutico. Resultados iniciais mostram a aplicabilidade da proposta em obter valores dos ângulos das articulações e frequência cardíaca, criação de exercícios personalizados e a visualização do progresso.

Palavras-chave: reabilitação motora; câmera de profundidade; sensores vestíveis; fuzzy; jogos digitais.

I. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico possibilitou a melhora da qualidade de vida das pessoas e uma maior expectativa de vida. No entanto, também aparecem patologias relacionadas com a idade avançada [1]. Uma das principais alterações do corpo humano ocorre na capacidade motora, causando um declínio em decorrência do envelhecimento, ocasionando condições como: Mal de Parkinson, quedas, lesões em situações cotidianas e dificuldades motoras [2]. Como este cenário permanece, é necessário cuidados e tratamentos constantes.

A reabilitação convencional e presencial requer a mudança de rotinas dos pacientes e culmina em alto custo para tratamentos, além da dificuldade de locomoção e tempo [3]. O avanço da computação e da ciência auxilia estes problemas com a biometria não invasiva e de pequenos dispositivos.

A miniaturização dos dispositivos é responsável pela massificação da computação. Além de proporcionar um maior desempenho, permitiu a utilização da computação em outras formas. Os dispositivos vestíveis surgiram em decorrência disto e consistem em micro sensores que extraem informações corporais em tempo real, permitindo realizar análises sobre estas informações com uma abordagem pessoal e única.

As câmeras de profundidade, dispositivos que contêm sensores infravermelhos que captam o movimento do corpo humano e exporta os dados das articulações [4], também podem ser utilizadas para reabilitação. Idealizadas para *videogames*, seu custo é baixo e existem vários estudos que as testam contra dispositivos convencionais de terapia, concluindo que sua utilização é eficiente e possui resultados consistentes [5].

Para o tratamento dos dados apurados, é interessante utilizar técnicas da inteligência artificial. A lógica *Fuzzy* é

uma técnica que aborda a teoria da incerteza para prover um resultado mediante entradas não completas [6]. Ela serve para modelar o pensamento humano, de tomada de decisões, e expor os resultados em linguagem natural.

Estes resultados precisam ser apresentados de forma motivadora ao usuário. Os jogos sérios são utilizados para este fim. Eles consistem em jogos eletrônicos, e toda sua teoria, para atingir objetivos com algum fator relevante. O intuito é a motivação que os jogos têm sobre as pessoas [7][8].

O presente estudo tem como objetivo principal criar um sistema computacional que utiliza câmera de profundidade e sensores vestíveis integrados para prover reabilitação motora de grandes membros através de jogos digitais cuja dificuldade é controlada por uma lógica *Fuzzy*.

II. METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento deste trabalho segue o fluxograma da Figura 1 para descrever os principais passos. As “necessidades da reabilitação motora” consistem em verificar quais pontos é necessário o auxílio computacional. A “análise de *hardware*” faz uma busca no mercado e academia sobre as tecnologias existentes. A “utilização da lógica *Fuzzy*” visa analisar teorias e abordagens computacionais que façam, através do *hardware*, uma reabilitação mais eficiente. O “projeto de *software*” condensa os dados pesquisados em uma interface computacional através de jogos digitais.

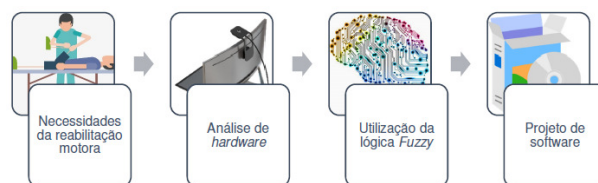


Figura 1. Fluxograma de desenvolvimento.

A fisioterapia apresenta deficiência de ferramentas motivacionais. As ferramentas tecnológicas também precisam suprir a necessidade de serem utilizadas em diversas lesões ou patologias, sendo possível até adicionar patologias futuras. Também se faz necessário baixo custo e alta mobilidade, com uma interface intuitiva e harmônica.

A análise de *hardware* aborda os dispositivos de mercado para executar o trabalho. A câmera de profundidade escolhida foi a Astra Pro, da Orbbec, por sua confiabilidade de captura, compatibilidade com SDK's intermediários, facilidade de aquisição e preço baixo.

Os sensores vestíveis mensuram dados biológicos e sua comunicação sem fio permitem maior comodidade para execução dos exercícios. Escolheu-se um sensor de frequência cardíaca, o Armband Rhythm+, da Scosche, por

sua confiabilidade de captura, funcionamento sob suor e baixo custo.

A lógica *Fuzzy* permite fazer um *link* entre as limitações do paciente, tanto físicas quanto cognitivas, e os objetivos almejados pelos exercícios e jogos. Através dela é possível criar um nível adaptado que permita a cada pessoa ter seu objetivo personalizado, respeitando a teoria de fluxo proposta por [9], onde o usuário é mantido em uma faixa de motivação, nem com muita ansiedade e nem com muito tédio.

Os gráficos de fuzzificação, normalizados e propostos pelo autor para cada variável de entrada (limitação angular do paciente, tempo de resposta da ação e frequência cardíaca) e para a variável de saída (nível de dificuldade), podem ser visualizados nas Figuras 2 e 3.

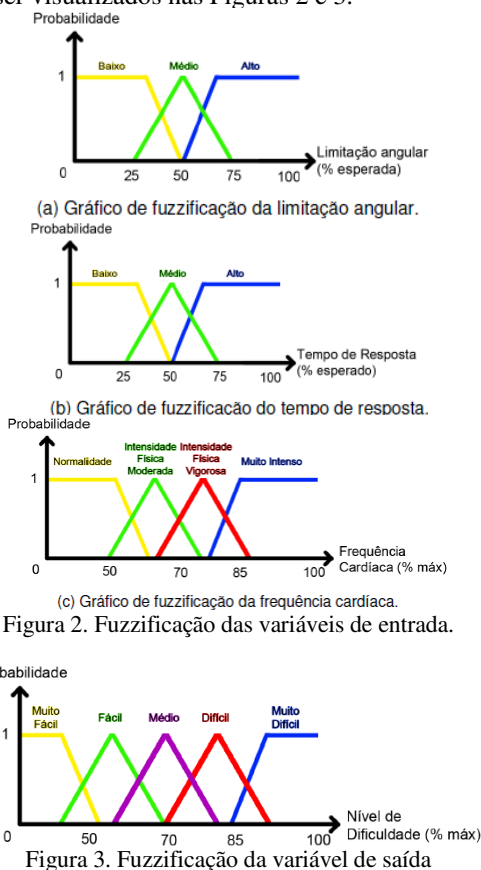


Figura 2. Fuzzificação das variáveis de entrada.

Figura 3. Fuzzificação da variável de saída

Com estes gráficos é possível fazer a modelagem das regras *Fuzzy* que irão reger o comportamento da lógica. O processo final de defuzzificação concentra estas regras, abstrai um formato geométrico final da influência de cada variável de entrada, e extrai um resultado através de técnicas como o centro de gravidade [6].

O projeto de *software* engloba toda a estrutura da ferramenta, inclusive os jogos motivacionais para reabilitação. Estes jogos possuem propostas de reabilitação únicas para cada patologia, um ambiente 3D propício e interação com o paciente de forma natural, sem requerer familiaridade com tecnologia. Também possuirão integrados a lógica *Fuzzy* de controle de dificuldade.

III. RESULTADOS INICIAIS

Os resultados iniciais concentram na estrutura da ferramenta, devido à necessidade deste funcionamento para captura e manipulação dos dados biométricos. A

Figura 4 mostra os exercícios (previamente configurados pelo fisioterapeuta) sendo comparados com a movimentação do usuário, tudo através de uma interface com jogos digitais.



Figura 4. Comparação angular do exercício proposto.

O módulo do sensor vestível está funcional, capturando os valores da frequência cardíaca e interpretando seu significado de esforço físico conforme [10].

O módulo de progresso apresenta os valores máximos e mínimos obtidos pelos pacientes ao decorrer das sessões em gráficos para melhor visualização.

IV. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do projeto até o momento corrobora a proposta idealizada de auxílio para reabilitação, utilizando dados corporais como ângulos das grandes articulações e frequência cardíaca como base para utilização em tratamentos fisioterapêuticos. O sistema de criação de exercícios e posterior comparação de sua execução proporciona ao fisioterapeuta a possibilidade genérica de utilização da ferramenta, independente da patologia. O módulo de visualização do progresso do paciente mostra, de uma forma rápida e precisa, a melhora do paciente no decorrer do tempo.

Para suprir a necessidade de pacientes crônicos, o módulo de jogos digitais com dificuldades dinâmicas seguindo a teoria de fluxo será a próxima etapa a ser desenvolvida.

V. REFERÊNCIAS

- [1] A. J. Cruz-Jentoft, et alii, "Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People", *Age and Aging*, v. 39, n. 4, p. 412-423, 2010.
- [2] W. Spirduzo, *Coordenação e habilidade em movimentos complexos*, 1 ed. São Paulo: Manole, 2005. p. 241-277.
- [3] A. K. Roy, Y. Soni, S. Dubey, "Enhancing effectiveness of motor rehabilitation using kinect motion sensing technology", 2013 IEEE Global Humanitarian Technology Conference: South Asia Satellite. p. 298-304, 2013.
- [4] N. Kitsunezaki, "Kinect applications for the physical rehabilitation", 2013 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications. p. 1-6, 2013.
- [5] J. Venugopalan, et al., "Kinect-based rehabilitation system for patients with traumatic brain injury", 2013 5th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. p. 4625-4628, 2013.
- [6] S. Russel, P. Norvig, *Inteligência Artificial*, 2 ed. São Paulo: Elsevier, 2004. p. 448-475.
- [7] N. Duarte, O. Postolache, J. Scharcanski, "KSGphysio – Kinect serious game for physiotherapy", 2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering. p. 606-611, 2014.
- [8] J. A. Lozano-Quilis, et al., "Virtual reality system for multiple sclerosis rehabilitation using Kinect", 2013 7th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare and Workshops. p. 366-369, 2013.
- [9] M. Csikszentmihalyi, *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, 1 ed. Harper & Row, 1990. p. 1-8.
- [10] CDC Target Heart Rate and Estimated Maximum Heart Rate. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/physicalactivity/basics/measuring/hearttrate.html>>, Acesso em 27 de abril de 2018.