

Uma Abordagem de Monitoramento dos Sinais Motores da Doença de Parkinson Baseada em Jogos Eletrônicos

Defesa de Tese

Aluno: Leonardo Melo de Medeiros

Orientador: Leandro Dias da Silva

Orientador: Hyggo Oliveira de Almeida

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

03/06/2016

Roteiro

Introdução

Estudo de Caso

Abordagem JOGUE-ME

Experimentos

Conclusão e Trabalhos Futuros

Sistemas de Monitoramento da Saúde (SMS)

Atualmente, os Sistemas de Monitoramento da Saúde (SMS) permitem ao médico:

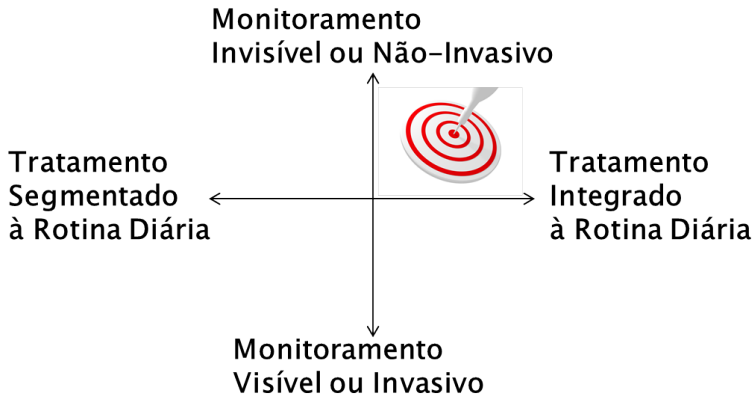
- ▶ Tratar preventivamente e pró-ativamente o estado de saúde [Mobyen Uddin Ahmed & Loutfi, 2013]
- ▶ Reabilitar o paciente [Graziadio *et al.* , 2014]
- ▶ Melhorar a qualidade de vida [Chen *et al.* , 2014]

Principais Desafios dos (SMS)



A concepção de um sistema não invasivo de monitoramento é um grande desafio [Alemdar *et al.* , 2015]

Estratégias de Monitoramento da Saúde

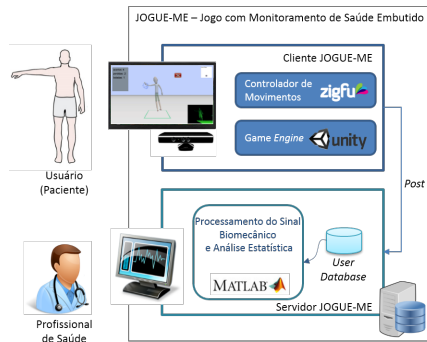


SMS Motores

Atualmente, os SMS motores permitem:

- ▶ Quantificar as habilidades motoras dos usuários [Friedman *et al.* , 2014, Patel *et al.* , 2009]
- ▶ Analisar a marcha dos usuários [Liao *et al.* , 2014]D
- ▶ Identificar sinais de bradicinesia (lentidão dos movimentos) presente no Parkinson [Zwartjes *et al.* , 2010]

Abordagem Proposta



Nesta tese, propus monitorar a saúde de uma forma não invasiva usando jogos eletrônicos.

Cenário de Uso

Como possível cenário de uso para a pesquisa, supondo que:

- ▶ Um paciente faz uso do cliente JOGUE-ME no **conforto de seus lar** e, conseqüentemente, fornece os sinais motores em diferentes momentos do dia
- ▶ Logo, esses sinais motores são **quantificados e enviados** para o servidor JOGUE-ME
- ▶ O servidor **JOGUE-ME analisa os sinais e identifica a ocorrência** do sintomas motor
- ▶ Então, o **médico acessa a informação** sobre a saúde motora e **consegue melhor gerenciar a saúde** de seus pacientes

Jogos Aplicados à Saúde

Nos últimos anos, houve o surgimento de jogos para apoiar a prática de atividade física. Como por exemplo:

- ▶ Melhoria da saúde do idoso com: visando a reabilitação motora [Graziadio *et al.* , 2014]
- ▶ Jogos com sensores hápticos para quantificar a habilidade motora do paciente com Parkinson [Atkinson & Narasimhan, 2010]
- ▶ Jogos para o monitoramento dos sinais vitais (Batimento cardíaco) [Sinclair *et al.* , 2009]

Motivação para uso de jogos para monitoramento dos dados motores

- ▶ Percentual expressivo de adultos e idosos que usam jogos em sua rotina diária (27% acima dos 50 anos [ESA, 2015])
- ▶ As tecnologias de sensores de movimento estão presentes nos jogos eletrônicos
- ▶ Reprodução de movimentos específicos em um ambiente lúdico

Objetivo Principal

Conceber um SMS embutido num jogo eletrônico para **motivar e abstrair o monitoramento dos sinais motores de uma maneira não invasiva**

Etapas do Trabalho

A metodologia deste trabalho consistiu de três etapas sequenciais:

- ETAPA 1 Quais os benefícios de acompanhar os sinais motores do paciente diariamente, do ponto de vista do profissional da saúde?
- ETAPA 2 Como melhor adquirir e quantificar sinais motores utilizando sensores de movimento para monitorar os sinais do Parkinson?
- ETAPA 3 Na perspectiva dos usuários, a abordagem de quantificar os sinais motores é considerada não-invasiva e aplicável à rotina diária?

Estudo de Caso

Como estudo de caso, escolhi a Doença de Parkinson (Parkinson) por ser uma doença debilitante, progressiva e que possui uma grande **flutuabilidade dos sintomas com o tratamento medicamentoso**

Parkinson

O Parkinson é uma afecção do sistema nervoso central, que afeta aproximadamente a 2% dos idosos. O Parkinson não possui diagnóstico estabelecido e é caracterizado principalmente pelos sinais cardinais de **rigidez, bradicinesia, tremor e instabilidade postural** [Jankovic, 2008].

Parkinson

Sintoma de bradicinesia

- ▶ Enquanto que o tremor é o sintoma motor mais visível do Parkinson, a bradicinesia é o mais incapacitante
- ▶ A bradicinesia é acompanhada de: rigidez dos músculos, assimetria dos movimentos e dificuldade nos movimentos

Estágios da Doença

Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson (UPDRS)

A escala contém itens referentes a:

- ▶ Mental, comportamento e humor
- ▶ Atividades da vida diária
- ▶ Exame motor
- ▶ Complicações no tratamento

Escala (UPDRS)

Disease Data Form

THE **WE MOVE** CLINICIANS' GUIDE TO PARKINSON'S DISEASE

Name _____ Unit Number _____

Date _____

DOPA mg/day _____ hrs DOPA lasts _____

	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF
1. Mentation																
2. Thought Disorder																
3. Depression																
4. Motivation/Initiative																
Subtotal 1-4 (maximum = 16)																
5. Speech																
6. Salivation																
7. Swallowing																
8. Handwriting																
9. Cutting food																
10. Dressing																
11. Hygiene																
12. Turning in bed																
13. Falling																
14. Freezing																
15. Walking																
16. Total																

- ▶ Avaliação dos sintomas de maneira subjetiva e esporádica
- ▶ Flutuação dos sintomas (fenômeno *on/off*)

ETAPA 1

Quais os benefícios de acompanhar os sinais motores do paciente diariamente, do ponto de vista do profissional da saúde?

Entrevista Semi-Estruturada com Profissionais de Saúde

Objetivo da Pesquisa

O objetivo da entrevista semiestruturada foi entender como é feito o acompanhamento do paciente com sintomatologia do Parkinson, juntamente aos profissionais de saúde

Participantes

LEGENDA	PROFISSÃO	EXPERIÊNCIA (ANOS)
FIS_01	Fisioterapeuta	10
FIS_02	Fisioterapeuta	10
NEU_01	Neurologista	15
NEU_02	Neurologista	30

Análise dos fragmentos da entrevista

Um ponto de convergência entre os profissionais entrevistados é a importância de monitorar a velocidade angular dos pacientes.

Como pode ser analisado nesta citação de um dos neurologistas:

[FRAGMENTO-14][NEU_01] *“É como eu falei, para mim seria melhor se capturássemos se ele está mais lento. Se através dessa amplitude, você conseguir por intermédio do computador identificar que ele está mais lento de um lado do que do outro, e conseguir visualizar a velocidade de um lado e do outro. Então, isso é interessante.”*

Resultado da Entrevista

- ▶ Identifiquei a importância de **monitorar a bradicinesia para acompanhar a evolução do Parkinson**
- ▶ Os profissionais de saúde informaram da importância de calcular:
 1. amplitude dos movimentos de abdução e adução dos braços
 2. a velocidade angular desse movimento

ETAPA 2

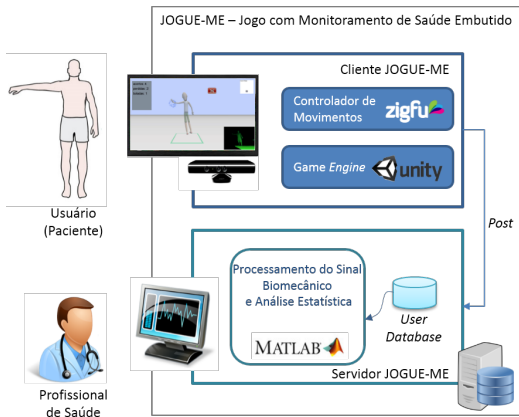
Como melhor adquirir e quantificar sinais motores utilizando sensores de movimento para monitorar os sinais do Parkinson?

Abordagem JOGUE-ME

A abordagem **JOGUE-ME** faz uso de jogos eletrônicos como interface de aquisição de sinais, tornando os usuários mais motivados a fornecer seus dados motores

Este trabalho pretende usar um ambiente de jogo para a execução de movimentos específicos, com o propósito de quantificar os sinais motores dos usuários e, conseqüentemente, realizar o monitoramento

Visão Geral da Abordagem JOGUE-ME



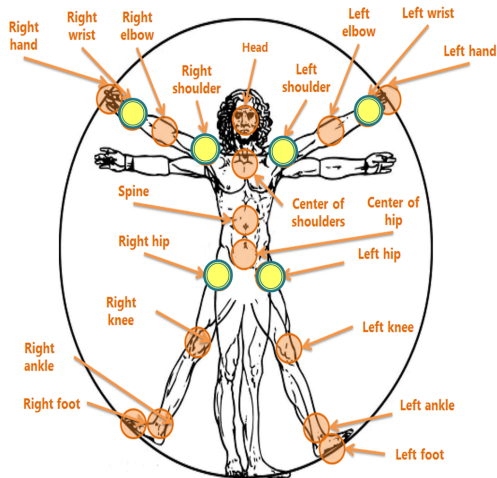
JOGUE-ME - *Jogo com Monitoramento de Saúde Embutido*

- ▶ **REQ-JOGUE-ME-01** - Pontuação e taxa de acerto
- ▶ **REQ-JOGUE-ME-02** - Progresso e evolução do jogador e dos desafios
- ▶ **REQ-JOGUE-ME-03** - Estado de fluxo
- ▶ **REQ-JOGUE-ME-04** - Preocupação com integridade física do jogador
- ▶ **REQ-JOGUE-ME-05** - Aquisição e armazenamento de sinais motores
- ▶ **REQ-JOGUE-ME-06** - Mecanismo de identificação de sintomas motores
- ▶ **REQ-JOGUE-ME-07** - Mecanismo de visualização

Estudo Biomecânico da Cinemática Angular

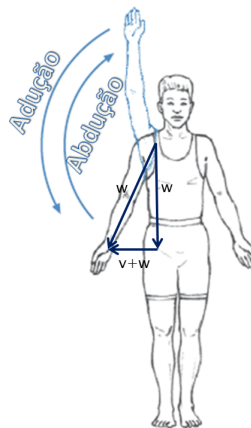
- ▶ A cinemática angular permite examinar o movimento angular a partir de segmentos de um movimento, divididos em partes identificáveis que aumentam a compreensão do movimento humano
- ▶ Estudo das forças e momentos que resultam no movimento do corpo e seus segmentos
- ▶ Processamento das grandezas cinemáticas considerando:
 1. tempo
 2. ângulo
 3. amplitude
 4. velocidade angular

Sensor de Captura de Movimentos

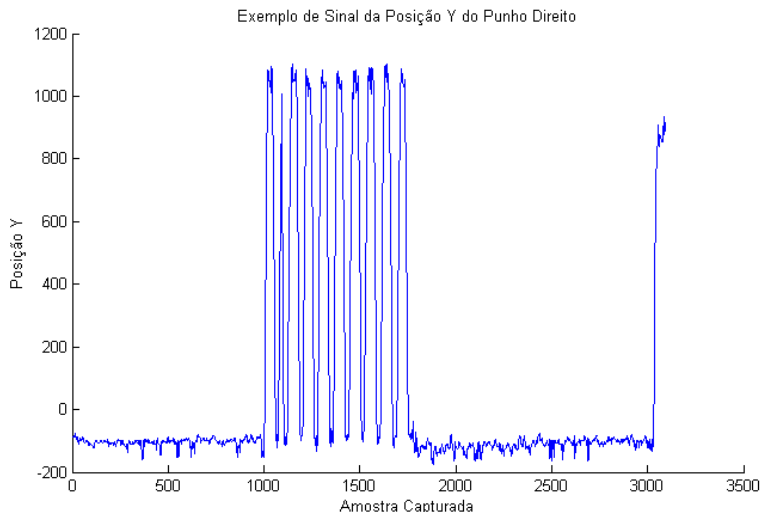


Movimento Angular

Movimento de Abdução e Adução do Braço [McGinnis, 2013]

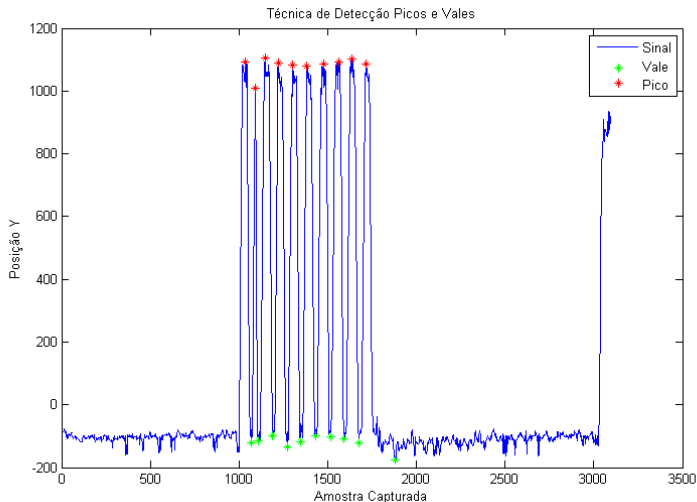


Mecanismo de Identificação de Sintomas Motores

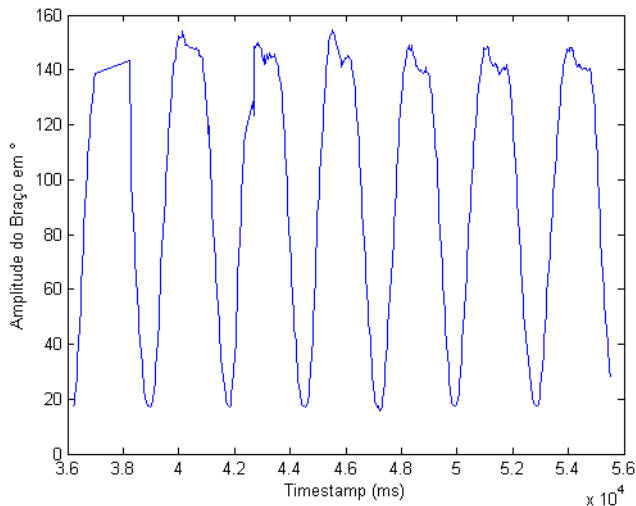




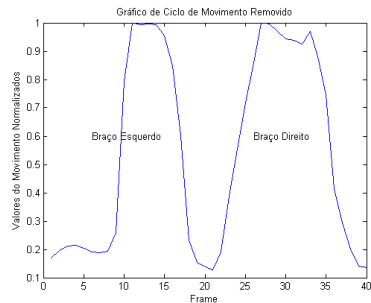
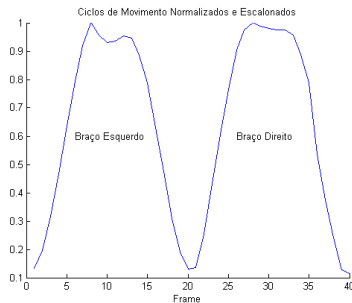
Técnicas de Picos e Vales do Sinal



Velocidade Angular do Movimento de Abdução e Adução



Filtragem de Dados: Remoção de Ciclos Incompletos



Visualização das Características do Movimento

Velocidades %S				Amplitudes	
Abdução Esquerda	Abdução Direita	Adução Esquerda	Adução Direita	Esquerda	Direita
78,95	77,82	83,06	106,42	130,00	124,72
79,94	34,68	104,69	39,98	131,50	132,44
81,05	47,05	107,38	56,52	132,22	123,66
74,73	47,09	109,05	47,75	132,33	122,20
72,01	56,02	102,36	76,00	131,40	119,75

Tabela 3.1: Extração das Características de Indivíduo Com Diagnóstico da DP

Velocidades %S				Amplitudes	
Abdução Esquerda	Abdução Direita	Adução Esquerda	Adução Direita	Esquerda	Amplitude
129,35	61,59	78,74	176,30	159,39	143,50
115,67	118,15	71,72	79,46	156,37	153,97
120,96	135,27	66,70	78,17	154,30	149,91
125,96	137,43	64,75	81,57	153,18	154,58
139,99	117,60	69,96	84,08	151,68	148,90
120,51	111,92	75,85	75,18	152,58	148,35

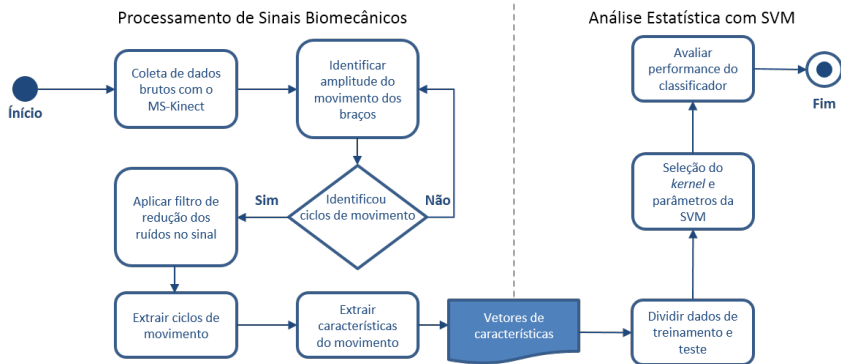
Tabela 3.2: Extração das Características de Indivíduo Sem Diagnóstico da DP

Classificador de Dados

Nesta tese, a Máquina de Vetor de Suporte (SVM) foi usada como método de aprendizagem supervisionada para problemas de classificação.

A escolha da SVM deveu-se a sua elevada capacidade de **generalização** na previsão de dados não treinados, e na **robustez** em grandes dimensões de dados, por ex., **análise de sinais** motores.

Processamento dos Sinais Biomecânicos



Estudo Analítico de Caso-Controlle: Identificação da Bradicinesia

Objetivo da Pesquisa

Como melhor adquirir e quantificar sinais motores utilizando sensores de movimento para monitorar os sinais do Parkinson?

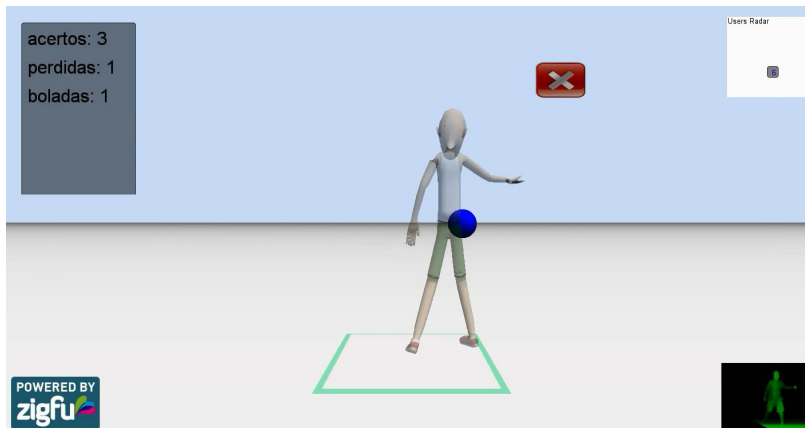
Coleta de Dados

- ▶ Protocolo de pesquisa submetido aprovado junto ao CEP da UFCG (**CAAE: 14408213.9.1001.5182**)
- ▶ Coleta realizada nas instituições:
 1. Hospital Universitário da UFAL
 2. Fundação Pestalozzi
 3. Clínica Fisioterapia do CESMAC

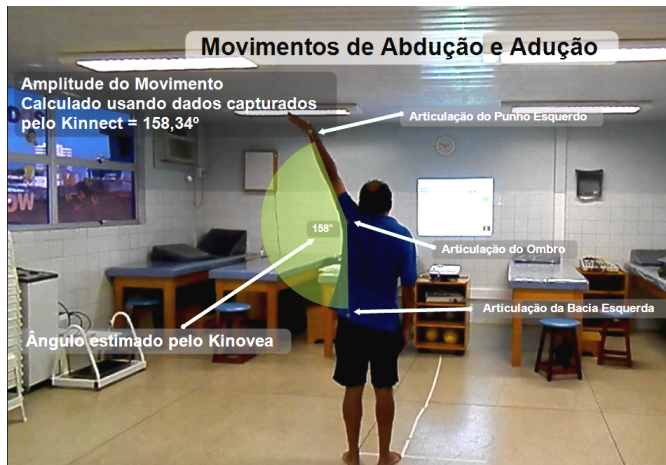
Amostra

- ▶ A técnica de amostragem utilizada para seleção, foi por conveniência, composta por:
 1. 15 indivíduos portadores do Parkinson entre 51 e 65 anos (média de idade : 58 anos)
 2. 15 sem o diagnostico, como grupo controle entre 50 e 65 anos (média : 57 anos)
- ▶ No grupo de portadores do Parkinson, foram inclusos indivíduos até o Estágio 3 (Doença bilateral leve a moderada com alguma instabilidade postural e capacidade para viver independente), segundo a UPDRS

Coleta dos Dados Utilizando o Jogo: *Catch the Spheres*

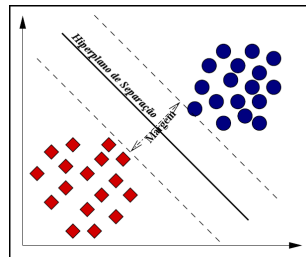


Coleta de Dados



Máquina de Vetor de Suporte (SVM)

- ▶ Uma SVM busca encontrar vetores de suporte que consigam separar duas classes
- ▶ Formalmente, esse classificador separa os dados por meio de um hiperplano através de uma função discriminante



Optimização dos Parâmetros da SVM

Aplicação do Método de *Grid-Search*

Para identificar os melhores parâmetros da SVM, foi aplicado o método *Grid-Search* [Li *et al.* , 2010] usando validação cruzada *Leave-One-Out* [Kantardzic, 2011].

Parâmetros da SVM

Custo (C)

O C é o parâmetro que controla a influência de individual de cada vetor de suporte no resultado da classificação.

Gamma (γ)

O parâmetro γ controla a flexibilidade da função de *kernel*, valores pequenos de γ permitem ao classificador ajustar todos os rótulos havendo risco de sobre ajustamento (*overfitting*).

Optimização dos Parâmetros

O objetivo da optimização dos parâmetros é encontrar no espaço formado por (γ, C) pontos nos quais a acurácia do classificador seja a maior possível.

Os valores dos parâmetros de pesquisa do *grid-search* foram:

- ▶ $C = [2^{-5}, \dots, 2^2]$
- ▶ $\gamma = [2^{-15}, \dots, 2^3]$

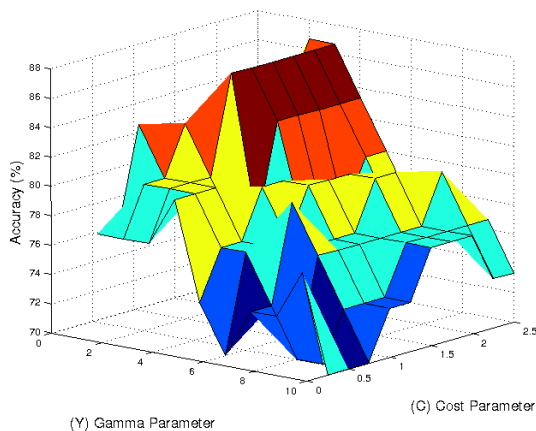
Valores da Busca Detalhada:

- ▶ $C = [0.25, 0.5, \dots, 2.5]$
- ▶ $\gamma = [1, 2, \dots, 10]$

Parâmetros Encontrados

Logo, usando o método *grid-search*, encontramos os seguintes valores para os parâmetros: $C = 2$ e $\gamma = 3$

Grid-Search - Acurácia da Classificação



Matriz de Confusão do Estudo Analítico Caso-Controle Usando SVM

	Classe Preditiva	
	Parkinson	Controle
Parkinson	12	3
Controle	1	14

Métricas da Classificação

TpRate : taxa de amostras positivas corretamente classificadas

FpRate : taxa de falso alarme obtido

Accuracy : taxa de amostras classificadas corretamente

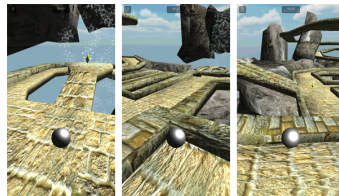
Precision : taxa de acerto de uma instância em determinada classe

F-Measure : considera a média harmônica da taxa de *precision* e do *tp rate*

TpRate	80,00%
FpRate	6,67%
Accuracy	86,67%
Precision	92,31%
F-Measure	85,71%

Outros Experimentos

Uso de Jogo em *Smartphone* Para Detecção de Tremor



Insucesso na Quantificação do Tremor

- ▶ Tremor do Parkinson é de repouso
- ▶ Indivíduos quando utilizavam o jogo reduziam drasticamente o sintoma
- ▶ Como os dados não seriam satisfatórios, logo a coleta tornou-se inviável

ETAPA 3

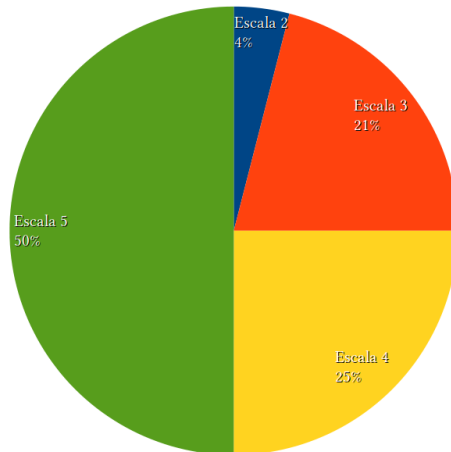
Na perspectiva dos usuários, a abordagem de quantificar os sinais motores é considerada não-invasiva e aplicável à rotina diária?

Questões da Pesquisa

1. O usuário poderia integrar a abordagem JOGUE-ME à sua rotina diária ?
2. A segurança com a integridade física está de acordo com a faixa etária do usuário ?

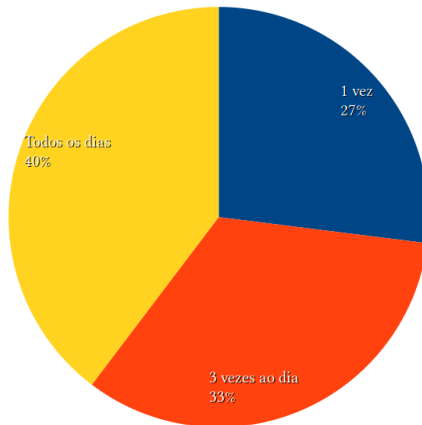
Integrar a Abordagem à Rotina Diária

Numa escala de 1 a 5 qual o grau de diversão do jogo ?



Integrar a Abordagem à Rotina Diária

**Se você tivesse adquirido esse jogo,
com que frequência você o utilizaria durante a semana?**

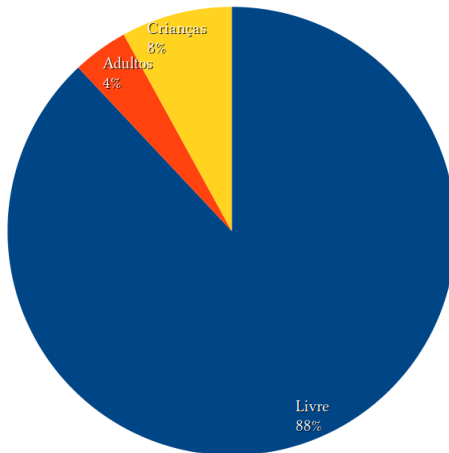


Integrar a Abordagem à Rotina Diária

Métrica	Sim	Não
1.2: O jogo traz motivação ao usuário?	91,67%	8,33%
1.4: O usuário considera o jogo simples, sem muitas regras e de fácil entendimento? Ele pode ser aplicado em diferentes idades?	91,67%	8,33%
1.5: O usuário tem o costume de jogar esses jogos casuais em casa?	41,67%	58,33%
1.6: O usuário agregaria um jogo desse estilo em sua rotina diária?	75%	25%

Segurança à Integridade Física

Qual a sua opinião sobre a faixa etária do jogo ?



Segurança à Integridade Física

Métrica	Sim	Não
2.1: Uma criança estaria segura jogando esse jogo, ao efetuar os movimentos dos braços?	100%	0%
2.2: Um adulto estaria seguro ao jogar esse jogo, ao efetuar os movimentos dos braços?	100%	0%
2.3: Um idoso estaria seguro ao jogar esse jogo, ao efetuar os movimentos dos braços?	75%	25%

Conclusão

Nos experimentos realizados, conseguimos demonstrar:

- ▶ A importância do acompanhamento dos sinais motores integrados à rotina diária do paciente
- ▶ A viabilidade do desenvolvimento de jogos para o monitoramento, pois, obtivemos uma taxa de acurácia de 86,67% e falsos positivos de 6,67%
- ▶ Um percentual de 83% dos usuários integrariam a solução de monitoramento proposta em sua rotina diária

Trabalhos Futuros

A partir dos resultados apresentados nesta tese e extensão da mesma, alguns trabalhos futuros são propostos para contribuição científica:

- ▶ Coletar uma amostra maior de pacientes com Parkinson, e agrupá-los de acordo com o estágio da doença [Goulart & Pereira, 2005]
- ▶ Usar técnicas de multi-classificação de dados [Chamasemani & Singh, 2011] para identificar o progresso do Parkinson de acordo com as escalas de avaliação
- ▶ Avaliar o sinal da bradicinesia em diferentes momentos do dia, para verificar a eficácia do tratamento medicamentoso [Picon *et al.* , 2010]

Publicações

Foram publicados três artigos, em conferências internacionais, relacionados à tese:

- ▶ **Abstract: Monitoring Parkinson related Gait Disorders with Eigengaits**, *XX World Congress on Parkinson's Disease and Related Disorders* (2013)
- ▶ **Full Paper: A Game-Based Approach to Monitor Parkinson's Disease: The bradykinesia symptom classification**, *International Symposium on Computer-Based Medical Systems* (CBMS 2016)
- ▶ **Full Paper: A Gait Analysis Approach to Track Parkinson's Disease Evolution Using Principal Component Analysis**, *International Symposium on Computer-Based Medical Systems* (CBMS 2016)

DÚVIDAS ?



Alemdar, Hande, Tunca, Can, & Ersoy, Cem. 2015.

Daily life behaviour monitoring for health assessment using machine learning: Bridging the gap between domains.

Personal ubiquitous computing.



Atkinson, S.D., & Narasimhan, V.L. 2010.

Design of an introductory medical gaming environment for diagnosis and management of parkinson's disease.

In: Trendz in information sciences computing.

IEEE.



Chamasemani, F. F., & Singh, Y. P. 2011.

Multi-class support vector machine (svm) classifiers - an application in hypothyroid detection and classification.

In: Sixth international conference on bio-inspired computing: Theories and applications.

IEEE.



Chen, Huan, Liao, Guo-Tan, Fan, Yao-Chung, Cheng, Bo-Chao, Chen, Cheng-Min, & Kuo, Ting-Chun. 2014.

Design and implementation of a personal health monitoring system with an effective svm-based pvc detection algorithm in cardiology.

In: Symposium on applied computing.
ACM.



ESA. 2015.

Essential facts about the u.s. computer and video game industry: Sales, demophahy and usage data.



Friedman, N., Rowe, J.B., Reinkensmeyer, D.J., & Bachman, M. 2014.

The manumeter: A wearable device for monitoring daily use of the wrist and fingers.

lee journal of biomedical and health informatics.



Goulart, Fátima, & Pereira, Luciana Xavier. 2005.

Uso de escalas para avaliação da doença de parkinson em fisioterapia.

Fisioterapia e pesquisa.



Graziadio, S., Davison, R., Shalabi, K., Sahota, K. M. A., Ushaw, G., Morgan, G., & Eyre, J. A. 2014.

Bespoke video games to provide early response markers to identify the optimal strategies for maximizing rehabilitation.

In: Proceedings of the 29th annual acm symposium on applied computing.

ACM.



Jankovic, J. 2008.

Parkinson's disease: clinical features and diagnosis.

Journal of neurology, neurosurgery & psychiatry.



Kantardzic, M. 2011.

Data mining: Concepts, models, methods, and algorithms. 2nd edn.

Piscataway, NJ, USA: John Wiley & Sons.



Li, Cheng-Hsuan, Lin, Chin-Teng, Kuo, Bor-Chen, & Ho, H.-H. 2010.

An automatic method for selecting the parameter of the normalized kernel function to support vector machines.

In: International conference on technologies and applications of artificial intelligence.

IEEE.



Liao, Chien-Ke, Lim, Chung Dial, Cheng, Ching-Ying, Huang, Cheng-Ming, & Fu, Li-Chen. 2014.

Vision based gait analysis on robotic walking stabilization system for patients with parkinson's disease.

In: International conference on automation science and engineering (case).

IEEE.



McGinnis, Peter. 2013.

Biomechanics of sport and exercise.

Human Kinetics.



Mobyen Uddin Ahmed, Hadi Banaee, & Loutfi, Amy. 2013.

Health monitoring for elderly: An application using case-based reasoning and cluster analysis.

Isrn artificial intelligence.



Patel, S., Lorincz, K., Hughes, R., Huggins, N., Growdon, J., Standaert, D., Akay, M., Dy, J., Welsh, M., & Bonato, P. 2009.

Monitoring motor fluctuations in patients with parkinson's disease using wearable sensors.

IEEE transactions on information technology in biomedicine.



Picon, Paulo, Gadelha, Maria, & Beltrame, Alberto. 2010.

Protocolo clínico e diretrizes terapêutica - doença de parkinson.

Ministério da Saúde.



Sinclair, Jeff, Hingston, Philip, Masek, Martin, & Nosaka, Kazunori (Ken). 2009.

Using a virtual body to aid in exergaming system development.

IEEE computer graphics applications.



Zwartjes, D.G.M., Heida, T., van Vugt, J.P.P., Geelen, J.A.G., & Veltink, P.H. 2010.

Ambulatory monitoring of activities and motor symptoms in parkinson's disease.

IEEE transactions on biomedical engineering.