

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

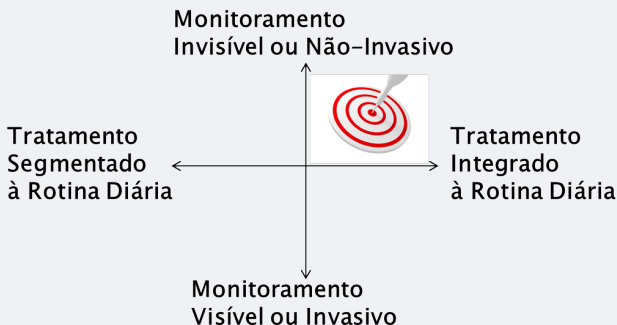
9 de Maio de 2016



Roteiro

- 1 Introdução
- 2 Estudo de Caso
- 3 Desenv. de Jogos
- 4 Experimentos
- 5 GQM
- 6 Finalização

Estratégias de Monitoramento da Saúde



As tecnologias de monitoramento para serem aceitas precisam preservar a privacidade do usuário e integrar-se à sua rotina diária [Aarhus & Ballegaard, 2010].

Motivação para uso de jogos para monitoramento dos dados motores

- Percentual expressivo de adultos e idosos que são usuários de jogos, e os utiliza em sua rotina diária (29% acima dos 50 anos);

Motivação para uso de jogos para monitoramento dos dados motores

- Percentual expressivo de adultos e idosos que são usuários de jogos, e os utiliza em sua rotina diária (29% acima dos 50 anos);
- O jogo é uma experiência autotélica, logo o usuário joga por puro prazer, sem esperar qualquer benefício por seu uso [Sweetser & Wyeth, 2005];

Motivação para uso de jogos para monitoramento dos dados motores

- Percentual expressivo de adultos e idosos que são usuários de jogos, e os utiliza em sua rotina diária (29% acima dos 50 anos);
- O jogo é uma experiência autotélica, logo o usuário joga por puro prazer, sem esperar qualquer benefício por seu uso [Sweetser & Wyeth, 2005];
- As tecnologias de sensores de movimento estão presentes no contexto dos jogos eletrônicos;

Motivação para uso de jogos para monitoramento dos dados motores

- Percentual expressivo de adultos e idosos que são usuários de jogos, e os utiliza em sua rotina diária (29% acima dos 50 anos);
- O jogo é uma experiência autotélica, logo o usuário joga por puro prazer, sem esperar qualquer benefício por seu uso [Sweetser & Wyeth, 2005];
- As tecnologias de sensores de movimento estão presentes no contexto dos jogos eletrônicos;
- Possibilita a reprodução de movimentos específicos em um ambiente controlado, o qual permite a aquisição de dados motores.

Objetivo Principal

Neste trabalho, tem-se como objetivo a concepção de uma abordagem computacional para o monitoramento de dados motores. Pretende-se usar jogos eletrônicos como forma de motivar e abstrair o monitoramento de dados de saúde de uma maneira não invasiva e longe do contexto de tratamento de saúde.

Doença de Parkinson

A doença de Parkinson (DP) é uma afecção do sistema nervoso central, a qual é expressa de forma crônica e progressiva.

- Causada pela morte dos neurônios produtores de dopamina da substância negra [Picon *et al.* , 2010].

Doença de Parkinson

A doença de Parkinson (DP) é uma afecção do sistema nervoso central, a qual é expressa de forma crônica e progressiva.

- Causada pela morte dos neurônios produtores de dopamina da substância negra [Picon *et al.* , 2010].
- Caracterizada pelos sinais cardinais de rigidez, bradicinesia, tremor e instabilidade postural [Teive, 2003].

Estágios da Doença

Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson (UPDRS)

A escala UPDRS [Fahn & Elton, 1987] avalia tanto o nível de estrutura e função corporal quanto o nível das atividades. A escala contém itens referentes a:

- Mental, comportamento e humor;

Estágios da Doença

Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson (UPDRS)

A escala UPDRS [Fahn & Elton, 1987] avalia tanto o nível de estrutura e função corporal quanto o nível das atividades. A escala contém itens referentes a:

- Mental, comportamento e humor;
- atividades da vida diária;

Estágios da Doença

Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson (UPDRS)

A escala UPDRS [Fahn & Elton, 1987] avalia tanto o nível de estrutura e função corporal quanto o nível das atividades. A escala contém itens referentes a:

- Mental, comportamento e humor;
- atividades da vida diária;
- exame motor;

Estágios da Doença


Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson (UPDRS)

A escala UPDRS [Fahn & Elton, 1987] avalia tanto o nível de estrutura e função corporal quanto o nível das atividades. A escala contém itens referentes a:

- Mental, comportamento e humor;
- atividades da vida diária;
- exame motor;
- complicações no tratamento.

Escala (UPDRS)

Fenômeno (On/Off)


**THE WEIMAN CLINICIANS' GUIDE
TO PARKINSON'S DISEASE**

Disease Data Form

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 | ON |
| 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Impacto nas Atividades Diárias

PD WORKBOOK—THE WE MOVE CLINICIANS' GUIDE TO PARKINSON'S DISEASE | UNIFIED PD DATA FORM | ©WE MOVE 2006

29

Entrevista Semi-Estruturada com Profissionais de Saúde

Objetivo da Pesquisa

Participantes

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

Resultado da Entrevista

- Com base na rastreabilidade dos fragmentos da entrevista, pode-se concluir que existiram muitas ocorrências sobre:

Resultado da Entrevista

- Com base na rastreabilidade dos fragmentos da entrevista, pode-se concluir que existiram muitas ocorrências sobre:
 - ① tremor;

Resultado da Entrevista

- Com base na rastreabilidade dos fragmentos da entrevista, pode-se concluir que existiram muitas ocorrências sobre:
 - 1 tremor;
 - 2 bradicinesia;

Resultado da Entrevista

- Com base na rastreabilidade dos fragmentos da entrevista, pode-se concluir que existiram muitas ocorrências sobre:
 - 1 tremor;
 - 2 bradicinesia;
- Para o acompanhamento e monitoramento da doença, os profissionais de saúde citaram a importância de calcular:

Resultado da Entrevista

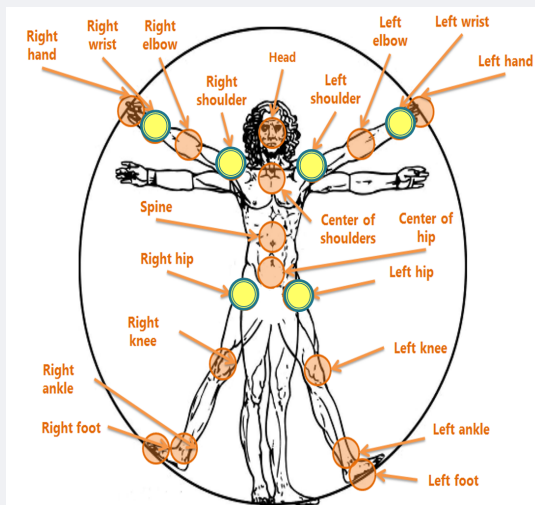
- Com base na rastreabilidade dos fragmentos da entrevista, pode-se concluir que existiram muitas ocorrências sobre:
 - ① tremor;
 - ② bradicinesia;
- Para o acompanhamento e monitoramento da doença, os profissionais de saúde citaram a importância de calcular:
 - ① amplitude dos movimentos de abdução e adução dos braços;

Resultado da Entrevista

- Com base na rastreabilidade dos fragmentos da entrevista, pode-se concluir que existiram muitas ocorrências sobre:
 - ① tremor;
 - ② bradicinesia;
- Para o acompanhamento e monitoramento da doença, os profissionais de saúde citaram a importância de calcular:
 - ① amplitude dos movimentos de abdução e adução dos braços;
 - ② a velocidade angular desse movimento.

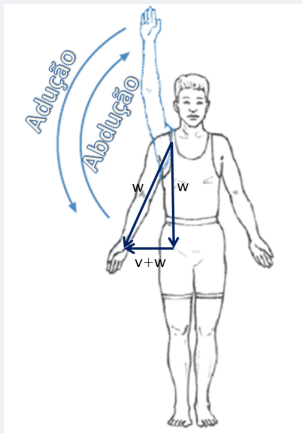
Sensor de Captura de Movimentos

Ms-Kinect 1.0 e os Pontos Seleccionados

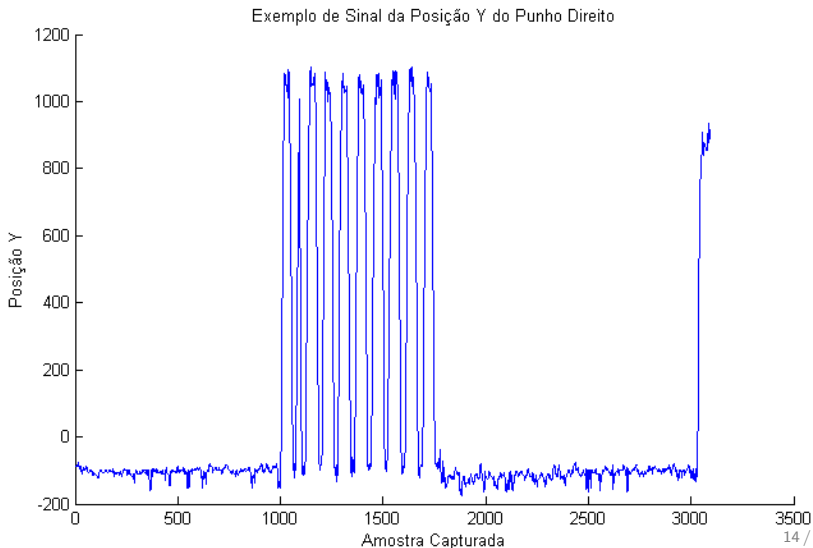


Movimento Angular

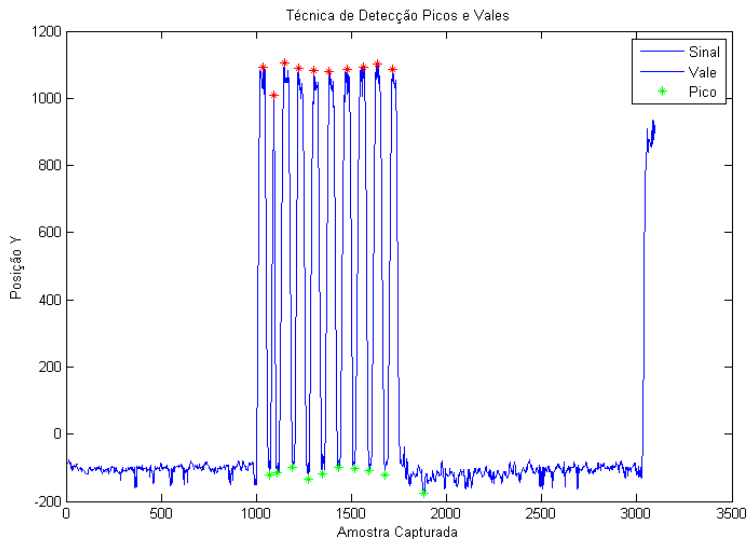
Movimento de Abdução e Adução do Braço [McGinnis, 2013]



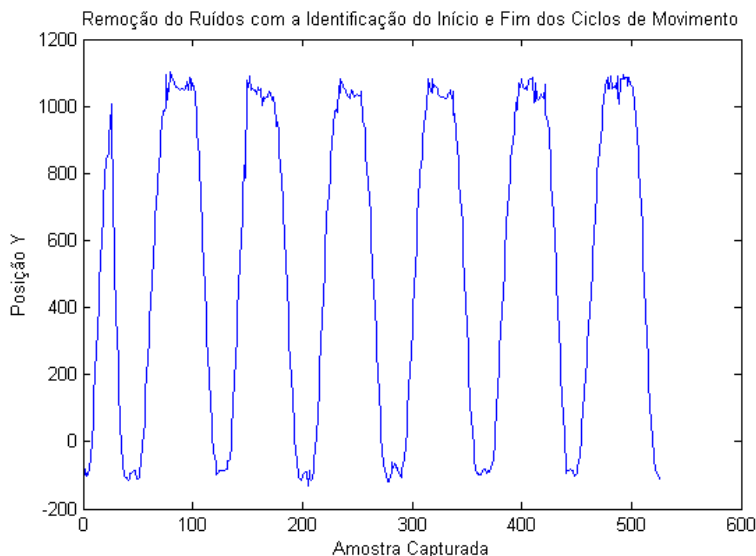
Mecanismo de Identificação de Sintomas Motores



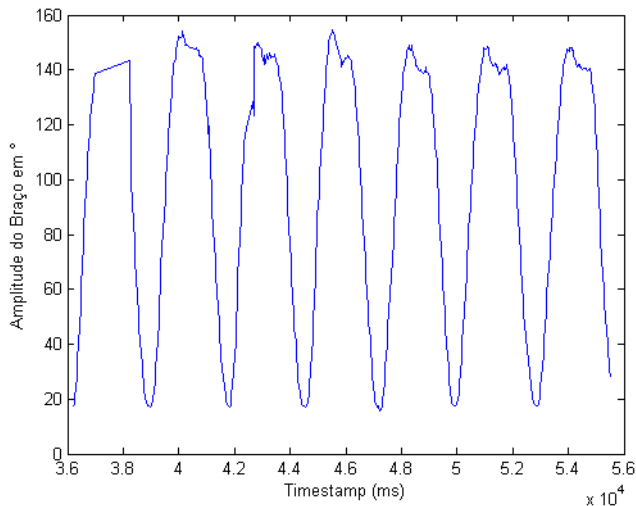
Técnicas de Picos e Vales do Sinal



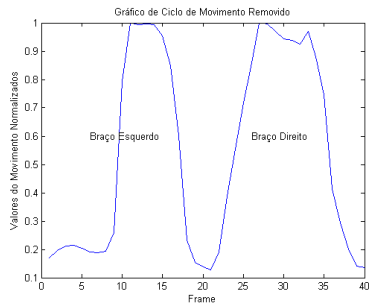
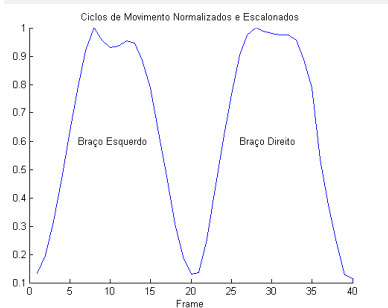
Extração de Início e Fim dos Ciclos de Movimento



Cálculo da Velocidade Angular do Movimento de Abdução e Adução



Filtragem de Dados: Remoção de Ciclos Incompletos

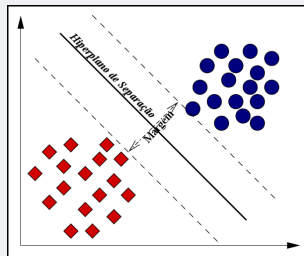


Classificador de Dados

O classificador de dados, é utilizado na abordagem para identificar de possíveis usuários com problemas motores. Desta forma, o classificador irá auxiliar o profissional de saúde no acompanhamento de seus pacientes.

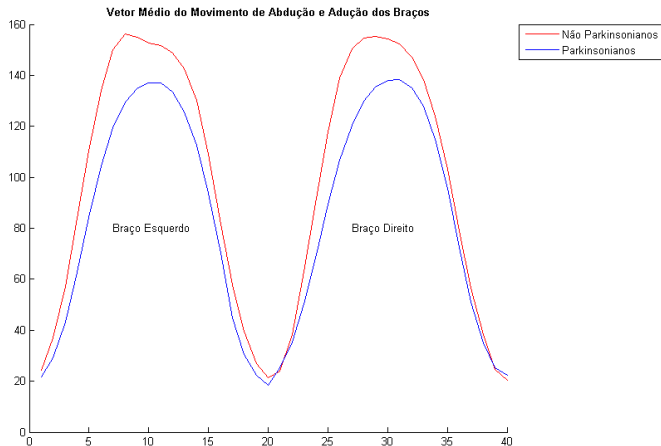
Máquina de Vetor de Suporte (SVM)

- Uma SVM utiliza vetores de separação através de uma técnica de hiperplano de separação ótima.
- Formalmente, classificadores que separam os dados por meio de um hiperplano utilizam um discriminante linear 1.

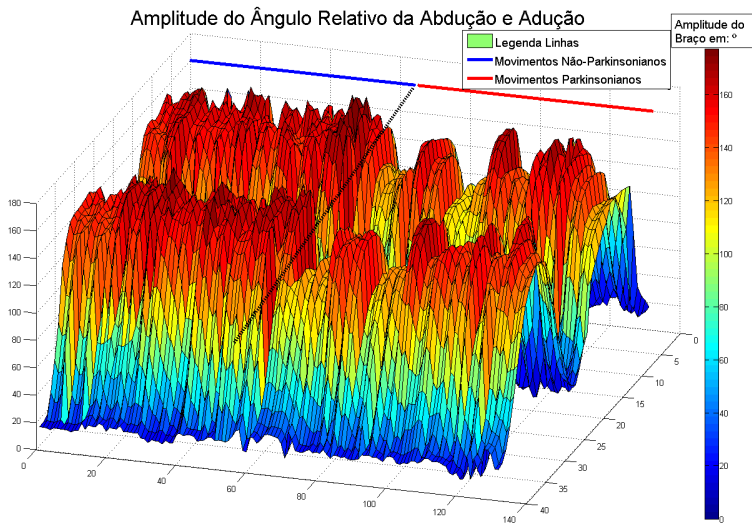


$$f(x) = w^T x + b \quad (1)$$

Visualização do Vetor Médio do Movimento de Abdução e Adução do Braço



Ciclos de Movimento de Abdução e Adução do Braço



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

Estudo Analítico de Caso-Controle: Identificação da Bradicinesia

Objetivo da Pesquisa

Validar a Hipótese **H2**: É possível capturar dados motores por meio de sensores de movimento utilizados em jogos eletrônicos. Esses dados auxiliam no acompanhamento de doenças com comprometimento motor.

Estudo Analítico de Caso-Controle: Identificação da Bradicinesia

Objetivo da Pesquisa

Validar a Hipótese **H2**: É possível capturar dados motores por meio de sensores de movimento utilizados em jogos eletrônicos. Esses dados auxiliam no acompanhamento de doenças com comprometimento motor.

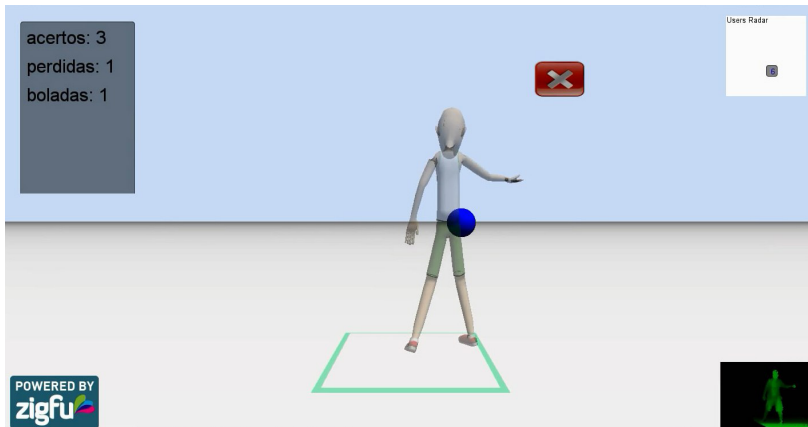
Coleta de Dados

- 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;
 - ④ Instituto Federal de Alagoas;
 - ⑤ Universidade Federal de Campina Grande.

Amostra

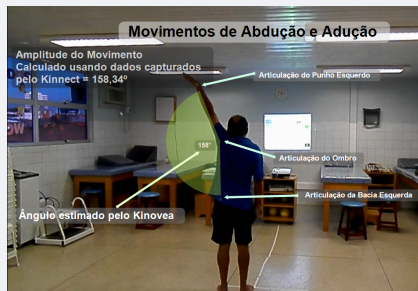
- A técnica de amostragem utilizada para seleção, foi por conveniência, composta por:
 - 1 15 indivíduos portadores de DP;
 - 2 12 sem o diagnostico, como grupo controle.
- No grupo de portadores de DP, foram inclusos indivíduos até o Estágio 3 (Doença bilateral leve a moderada com alguma instabilidade postural e capacidade para viver independente), segundo a UPDRS.

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



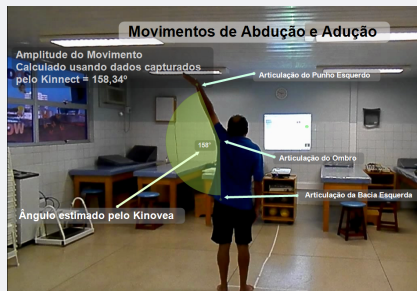
Processo de Coleta de Dados

- Voluntário se posiciona a 2m. do sensor de movimento;



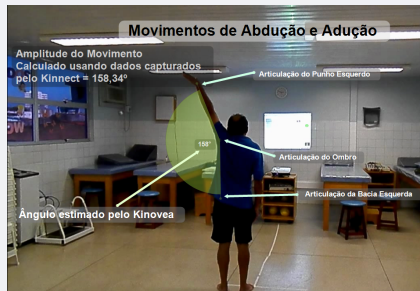
Processo de Coleta de Dados

- Voluntário se posiciona a 2m. do sensor de movimento;
- Voluntário inicia o jogo;



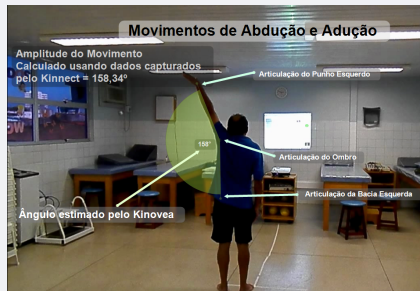
Processo de Coleta de Dados

- Voluntário se posiciona a 2m. do sensor de movimento;
- Voluntário inicia o jogo;
- Voluntário abduz e aduz o braço esquerdo, e depois o direito 10 vezes o mais rápido possível;

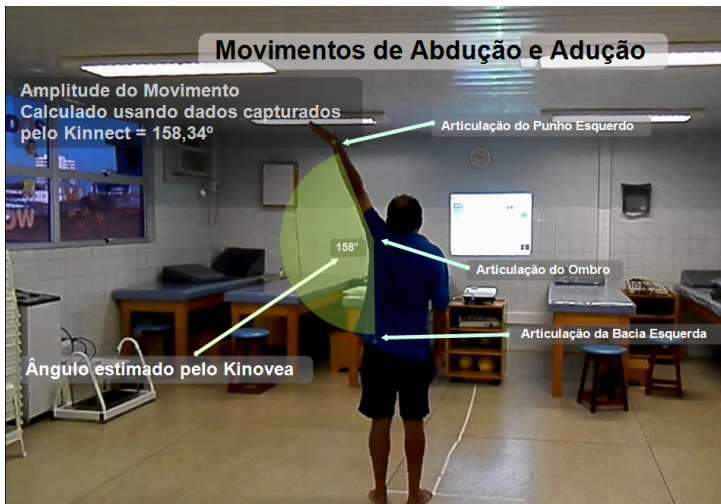


Processo de Coleta de Dados

- Voluntário se posiciona a 2m. do sensor de movimento;
- Voluntário inicia o jogo;
- Voluntário abduz e aduz o braço esquerdo, e depois o direito 10 vezes o mais rápido possível;
- Voluntário fecha o jogo.



Processo de Coleta de Dados



Características Extraídas do Movimento

- Ciclo de movimento, normalizado e escalonado em 20 amostras;

Características Extraídas do Movimento

- Ciclo de movimento, normalizado e escalonado em 20 amostras;
- amplitude do movimento de abdução do braço esquerdo e direito;

Características Extraídas do Movimento

- Ciclo de movimento, normalizado e escalonado em 20 amostras;
- amplitude do movimento de abdução do braço esquerdo e direito;
- velocidade angular de abdução dos braços esquerdo e direito;

Características Extraídas do Movimento

- Ciclo de movimento, normalizado e escalonado em 20 amostras;
- amplitude do movimento de abdução do braço esquerdo e direito;
- velocidade angular de abdução dos braços esquerdo e direito;
- velocidade angular de adução do braço esquerdo e direito.

Classificação dos Dados

- Com os dados coletados, realizou-se uma classificação usando SVM com núcleo linear e *bias* de 0,10.

Classificação dos Dados

- Com os dados coletados, realizou-se uma classificação usando SVM com núcleo linear e *bias* de 0,10.
- O resultado com o núcleo linear foi o mais expressivo ante o Polinomial, Radial e MLP.

Matriz de Confusão

Resultado da Matriz de Confusão do Estudo Analítico
Caso-Controle Usando SVM Linear

| | Classe Preditiva | |
|---------------|------------------|---------------|
| | Parkinson | Não-Parkinson |
| Parkinson | 12 | 3 |
| Não Parkinson | 2 | 10 |

Métricas da Classificação

| Métricas | |
|------------------|--------|
| TpRate | 80,00% |
| FpRate | 16,67% |
| Precision | 85,71% |
| Accuracy | 81,48% |
| F-Measure | 82,76% |

TpRate : taxa de acerto obtido;

FpRate : taxa de falso alarme obtido;

Precision : taxa de acerto de uma instância em determinada classe;

Accuracy : taxa de acerto de todo o classificador;

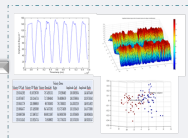
F-Measure : análise de classificador binário que mede a acurácia.

Limitações do Método

A aprendizagem estatística deste trabalho é apenas um indicador, o qual necessita da interpretação do profissional de saúde.



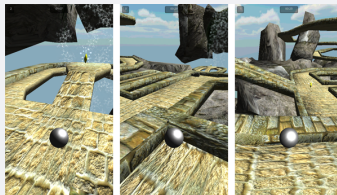
Profissional de Saúde



Visualização da Informação

Outros Experimentos

Uso de Jogo em *Smartphone* Para Detecção de Tremor

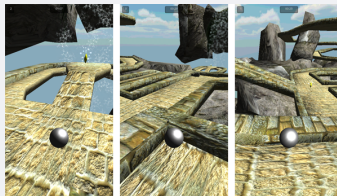


Insucesso na Quantificação

- Tremor da DP é de repouso.

Outros Experimentos

Uso de Jogo em *Smartphone* Para Detecção de Tremor

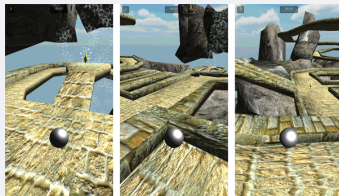


Insucesso na Quantificação

- Tremor da DP é de repouso.
- Indivíduos quando utilizavam o jogo reduziam drasticamente o sintoma.

Outros Experimentos

Uso de Jogo em *Smartphone* Para Detecção de Tremor



Insucesso na Quantificação

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

Análise GQM com Usuários

Objetivo da Pesquisa

Validar a Hipótese **H3**: É possível desenvolver um jogo que tenha mecanismos de captura de dados motores embutidos, e que permita monitorar e quantificar esses dados de maneira não-invasiva.

Participantes

Foram entrevistados um total de 24 indivíduos das seguintes instituições:

- Universidade Federal de Campina Grande;
- Instituto Federal de Alagoas;
- Clínica de Fisioterapia do CESMAC;
- Fundação Pestalozzi.

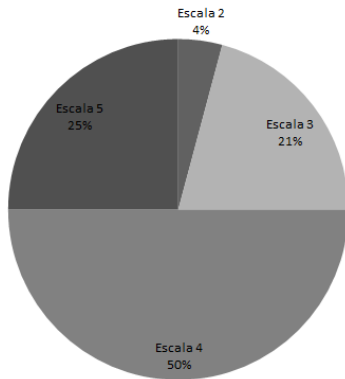
Questões da Pesquisa

- 1 Se o usuário integraria a abordagem GAHME à sua rotina diária.
- 2 Se a segurança com a integridade física está de acordo com a faixa etária do usuário.

Integrar a Abordagem à Rotina Diária

Métrica 1.1: Escala de Diversão do Jogo

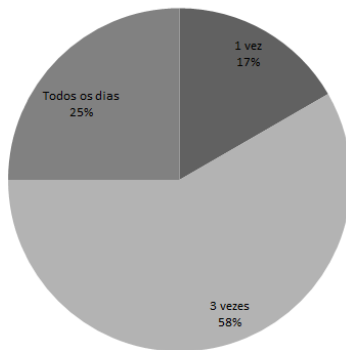
Numa escala de 1 a 5 qual o grau de diversão do jogo?



Integrar a Abordagem à Rotina Diária

Métrica 1.3: Integrar o Jogo À Rotina Diária

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



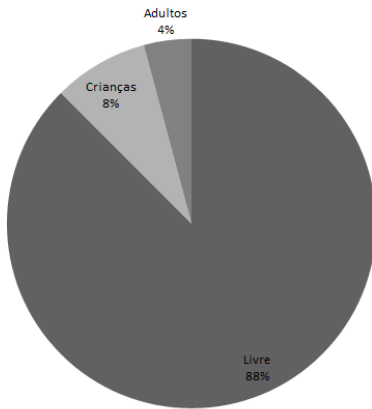
Integrar a Abordagem à Rotina Diária

| 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

Métrica 2.4: Faixa Etária do Jogo

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% |

Publicações

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

- *Abstract: Monitoring Parkinson related Gait Disorders with Eigengaits*, no, *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*, no, *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*, no, *International Symposium on Computer-Based Medical Systems* (CBMS 2016) [?].

Trabalhos Futuros

- 1 Realizar estudo de Regressão Linear nos Dados do estudo Caso-Controlle (Ms-Kinnect);

Trabalhos Futuros

- 1 Realizar estudo de Regressão Linear nos Dados do estudo Caso-Controle (Ms-Kinnect);
- 2 Realizar estudos de curva de aprendizagem nos Dados do estudo Caso-Controle;

Trabalhos Futuros

- 1 Realizar estudo de Regressão Linear nos Dados do estudo Caso-Controle (Ms-Kinnect);
- 2 Realizar estudos de curva de aprendizagem nos Dados do estudo Caso-Controle;
- 3 Refinar o processo de desenvolvimento para as fases de Construção e Pós-Validação;

Trabalhos Futuros

- 1 Realizar estudo de Regressão Linear nos Dados do estudo Caso-Controle (Ms-Kinnect);
- 2 Realizar estudos de curva de aprendizagem nos Dados do estudo Caso-Controle;
- 3 Refinar o processo de desenvolvimento para as fases de Construção e Pós-Validação;
- 4 Analisar o motivo da ocorrência de 2 indivíduos de controle que foram classificados como Parkinsonianos.

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 dp, e agrupá-los de acordo com o estágio da doença [?];
- Usar técnicas de multi-classificação de dados [?] para identificar o progresso do dp de acordo com as escalas de avaliação (ex.: UPDRS [?];
- Avaliar o sinal da bradicinesia em diferentes momentos do dia, para verificar a eficácia do tratamento medicamentoso [Picon *et al.* , 2010].

DÚVIDAS ?



Aarhus, Rikke, & Ballegaard, Stinne Aaløkke. 2010.
Negotiating boundaries: managing disease at home.
Pages 1223–1232 of: Proceedings of the 28th international conference on human factors in computing systems.
CHI '10.
New York, NY, USA: ACM.



Alemdar, Hande, & Ersoy, Cem. 2010.
Wireless sensor networks for healthcare: A survey.
Computer networks, **54**(15), 2688–2710.



Fahn, S., & Elton, R. 1987.
Unified parkinson's disease rating scale.
Pages 153–63 of: et al Fahn, S. (ed), Recent developments in parkinson's disease.
New Jersey: Macmillan Health Care Information.



Goldberger, A. L., Amaral, L. A. N., Glass, L., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. Ch., Mark, R. G., Mietus, J. E., Moody, G. B., Peng, C.-K., & Stanley, H. E. 2004, Novembro.

Physiobank, physiotoolkit, and physionet: Components of a new research resource for complex physiologic signals.

Circulation, **101**(23), e215–e220.

Circulation Electronic Pages:

<http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/101/23/e215>
PMID:1085218; doi: 10.1161/01.CIR.101.23.e215.



McGinnis, P. 2013.

Biomechanics of sport and exercise.

Human Kinetics.



Neumann, D.A. 2012.

Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: Fundamentos para reabilitação.

Elsevier Health Sciences.



Picon, Paulo Dornelles, Gadelha, Maria Inez Pordeu, & Beltrame, Alberto. 2010.

Protocolo clínico e diretrizes terapêutica - doença de parkinson.

Ministério da Saúde.



Smith, Lindsay I. 2002 (February 26).

A tutorial on principal components analysis.

Tech. rept. Cornell University, USA.



Sweetser, Penelope, & Wyeth, Peta. 2005.

Gameflow: a model for evaluating player enjoyment in games.

Comput. entertain., 3(3), 3–3.



Teive, Hélio A. G. 2003.

Doença de parkinson - meneses.

Guanabara Koogan.