

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

10 de Maio de 2016

Introdução
oooo

Estudo de Caso
oooooo

Desenv. de Jogos
oooooooooooo

Experimentos
oooooooooooo

GQM
ooooooo

Finalização
ooo



Roteiro

1 Introdução

2 Estudo de Caso

3 Desenv. de Jogos

4 Experimentos

5 GQM

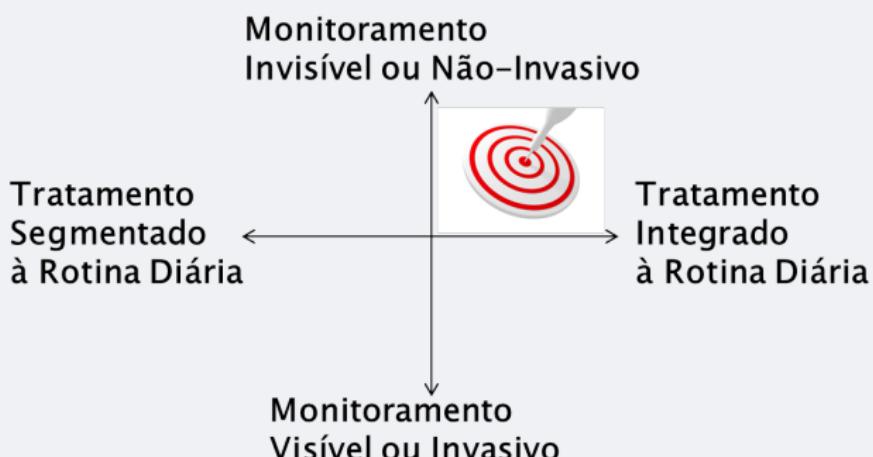
6 Finalização

Sistemas de Monitoramento de Saúde



A computação aplicada ao contexto de saúde permite monitorar remotamente o estado de saúde dos usuários. Entretanto, a concepção de um sistema não invasivo de monitoramento é um grande desafio [Alemdar & Ersoy, 2010].

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].

Aplicações dos SMS

Atualmente, os sms permitem ao médico acompanhar à distância o estado de saúde de seus pacientes colaborativamente [?], realizando:

- Tratamento preventivo e pró-ativo do estado de saúde [?];
- suporte à reabilitação do paciente [?];
- auxílio para o paciente atingir uma melhor qualidade de vida [?].

SMS da Saúde Motora

Referente ao monitoramento dos sinais motores, os sms:

- quantificam as habilidades motoras [?, ?];
- efetuam análise da marcha [?]
- identificam sinais de bradicinesia [?].

Contudo, o maior desafio dessas abordagens é a aceitação do usuário e a consequente inserção na rotina diária [?].

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 (27% 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 (27% 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 (27% 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 (27% 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 para a aquisição de sinais 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*)

Disease Data Form



Name _____

Init Number

Escala (UPDRS)

Impacto nas Atividades Diárias

16. Tremor	
17. Sensory symptoms	
Subtotal 5 – 17 (maximum = 52)	
18 Speech	
19. Facial expression	
20. Tremor at rest: face,lips,chin	
Hands: right	
left	
Feet: right	
left	
21. Action tremor: right	
left	
22. Rigidity: neck	
Upper extremity: right	
left	
Lower extremity: right	
left	

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:
 - ➊ 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

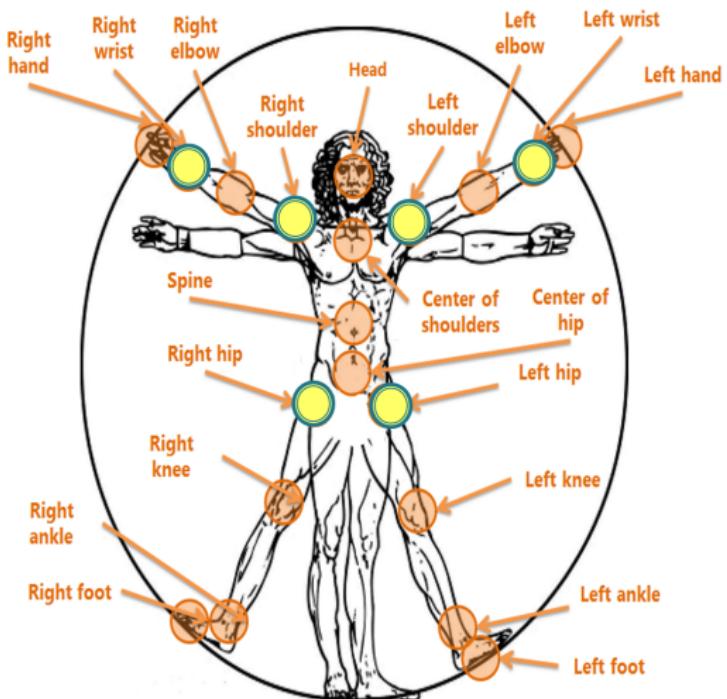
- Com base na rastreabilidade dos fragmentos da entrevista, pode-se concluir que existiram muitas ocorrências sobre:
 - ① tremor;
 - ② bradicinesia;
- Para o acompanhamento e monitoramento da doença, os profissionais de saúde citaram a importância de calcular:
 - ① amplitude dos movimentos de abdução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

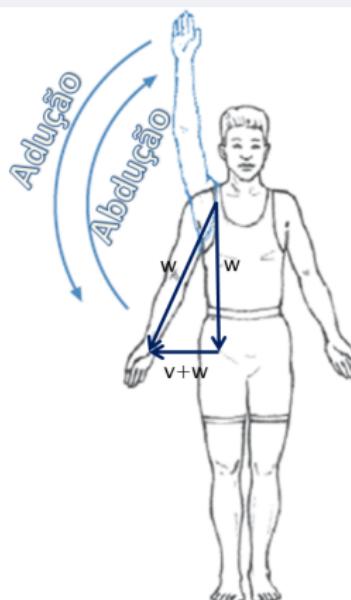
Sensor de Captura de Movimentos

Ms-Kinnect 1.0 e os Pontos Selecionados

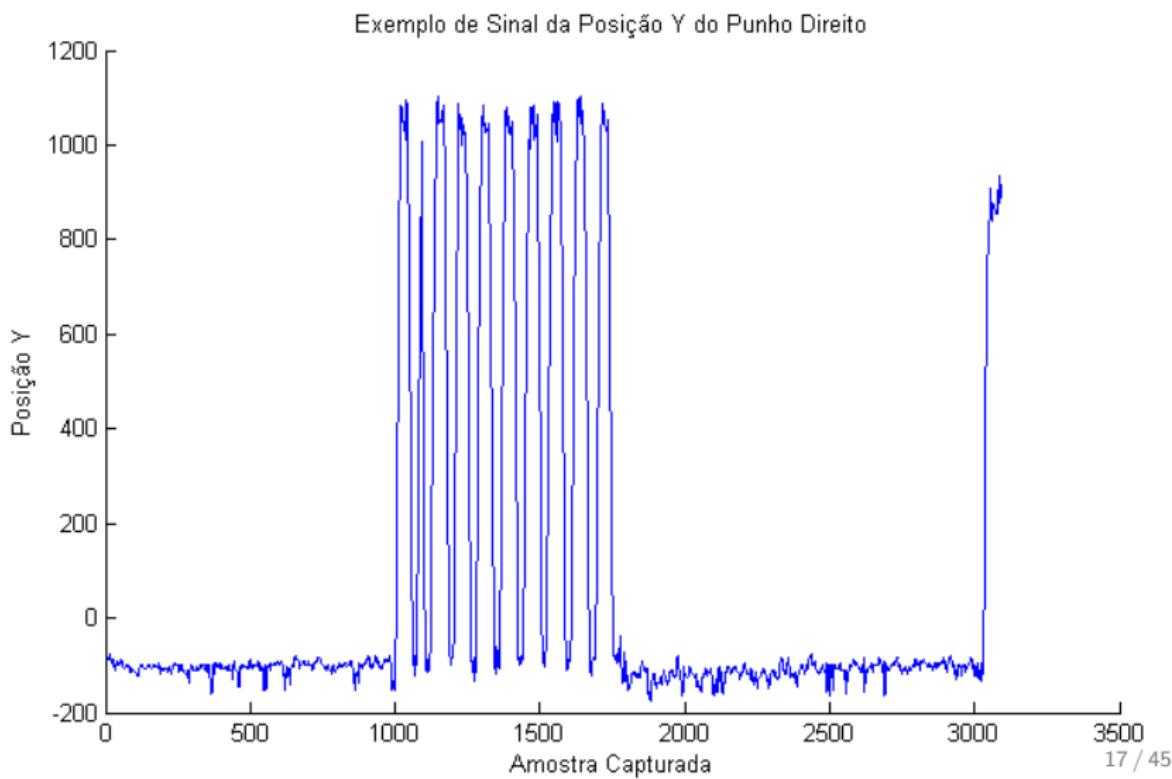


Movimento Angular

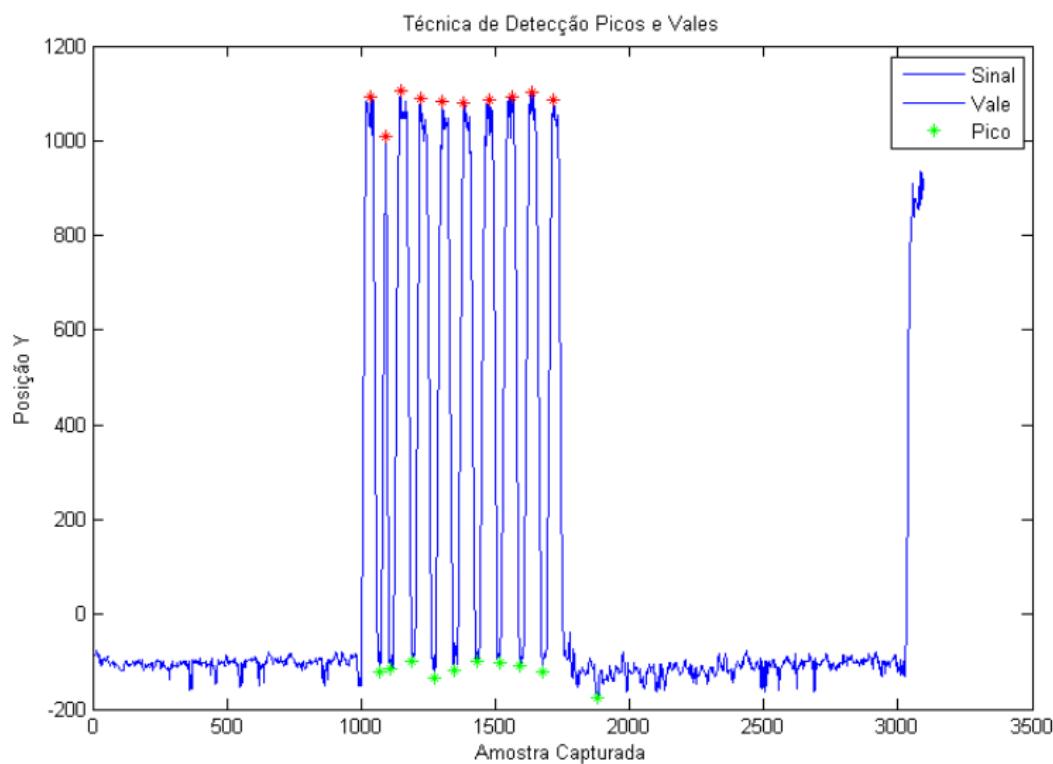
Movimento de Abdução e Adução do Braço [McGinnis, 2013]



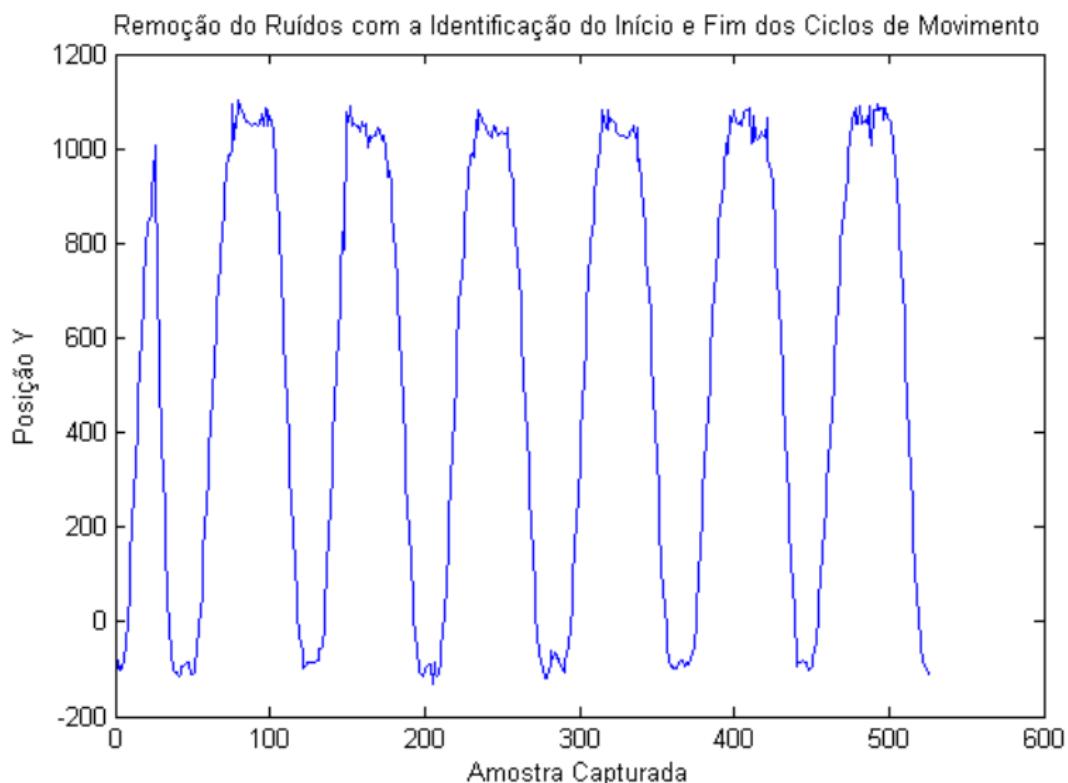
Mecanismo de Identificação de Sintomas Motores



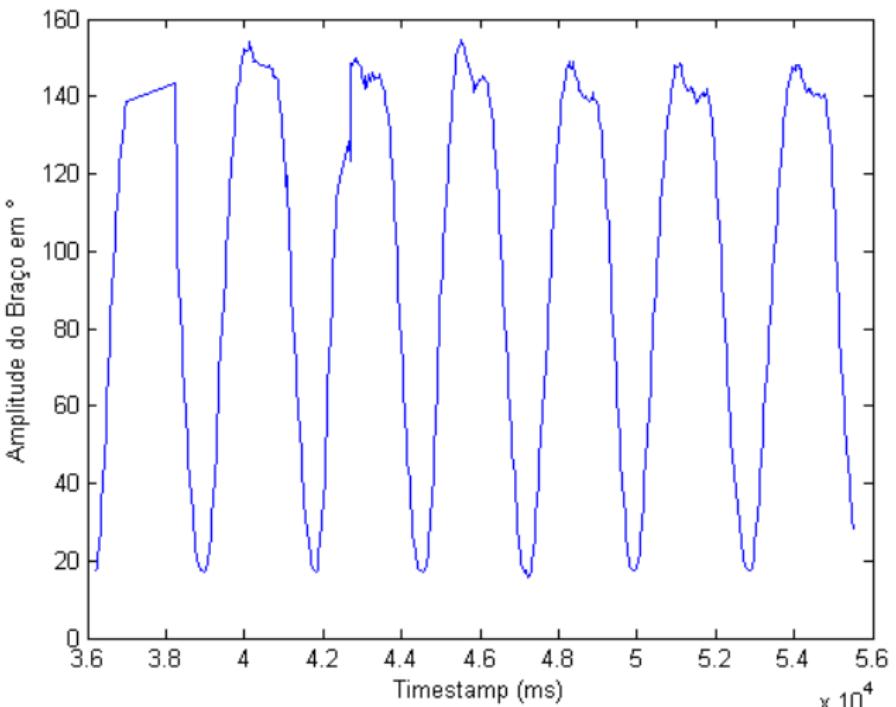
Técnicas de Picos e Vales do Sinal



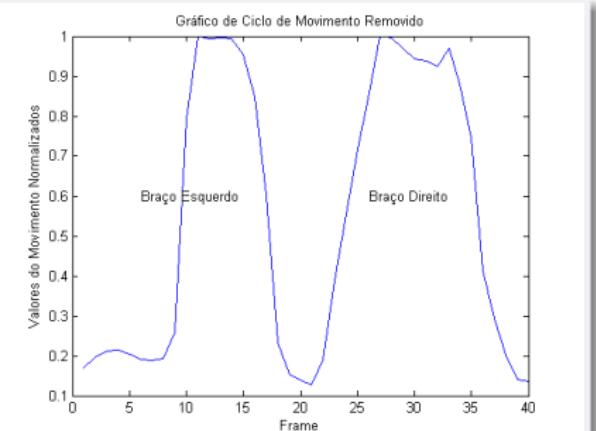
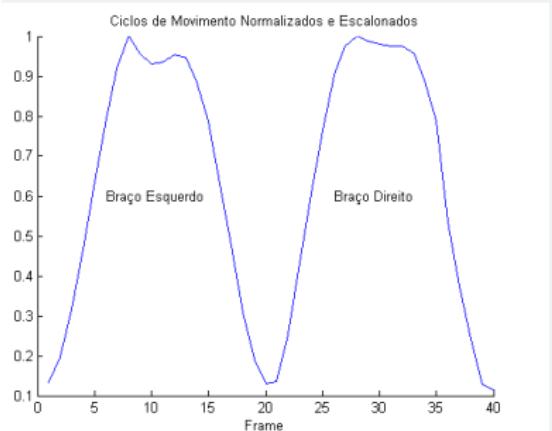
Extração de Início e Fim dos Ciclos de Movimento



Cálculo da Velocidade Angular do Movimento de Abdução e Adução



Filtragem de Dados: Remoção de Ciclos Incompletos

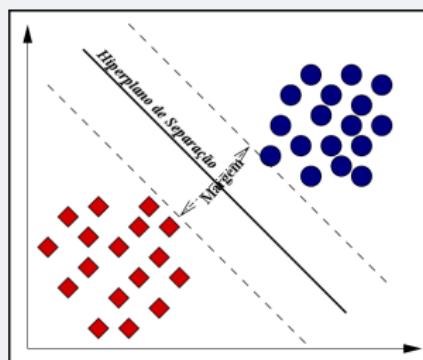


Classificador de Dados

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.

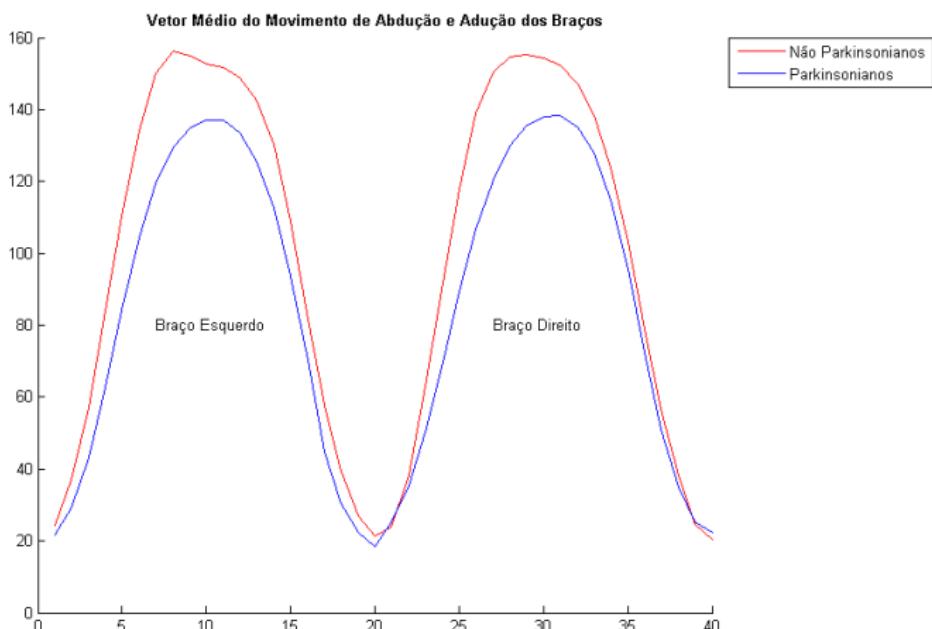
Máquina de Vetor de Suporte (SVM)

- 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.

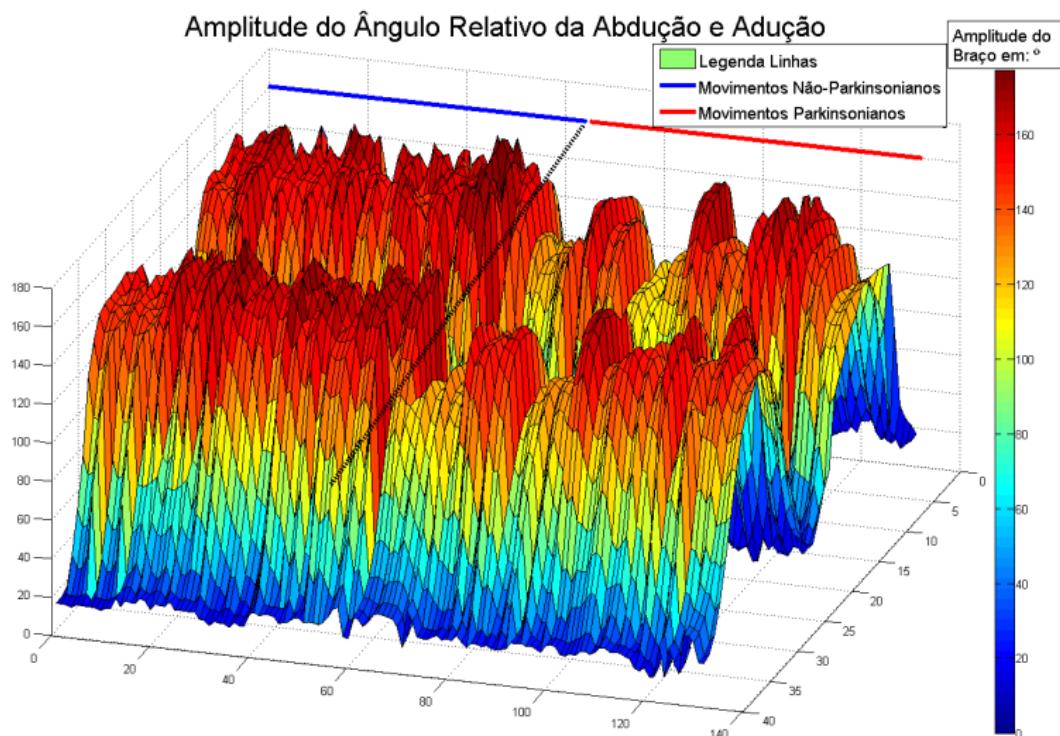


$$f(x) = w^T x + b \quad (1)$$

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 nocompanhamento 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 nocompanhamento de doenças com comprometimento motor.

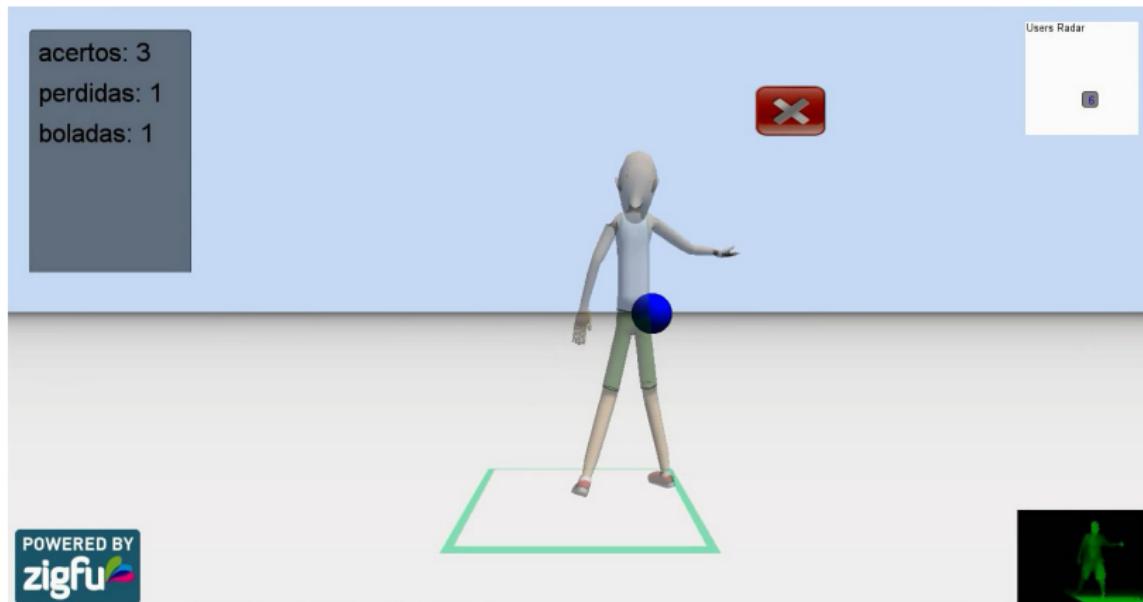
Coleta de Dados

- 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 diagnóstico, 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*



POWERED BY
zigfu



Processo de Coleta de Dados

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



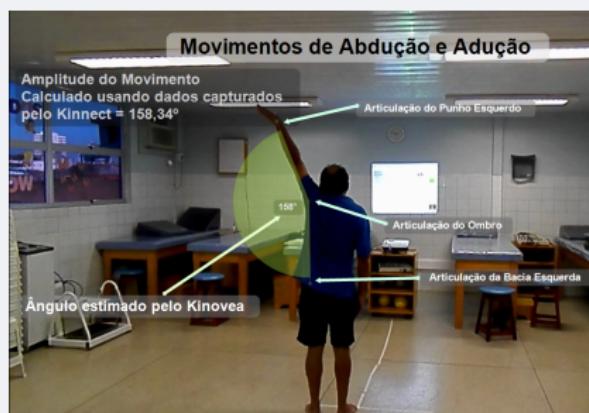
Processo de Coleta de Dados

- 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;

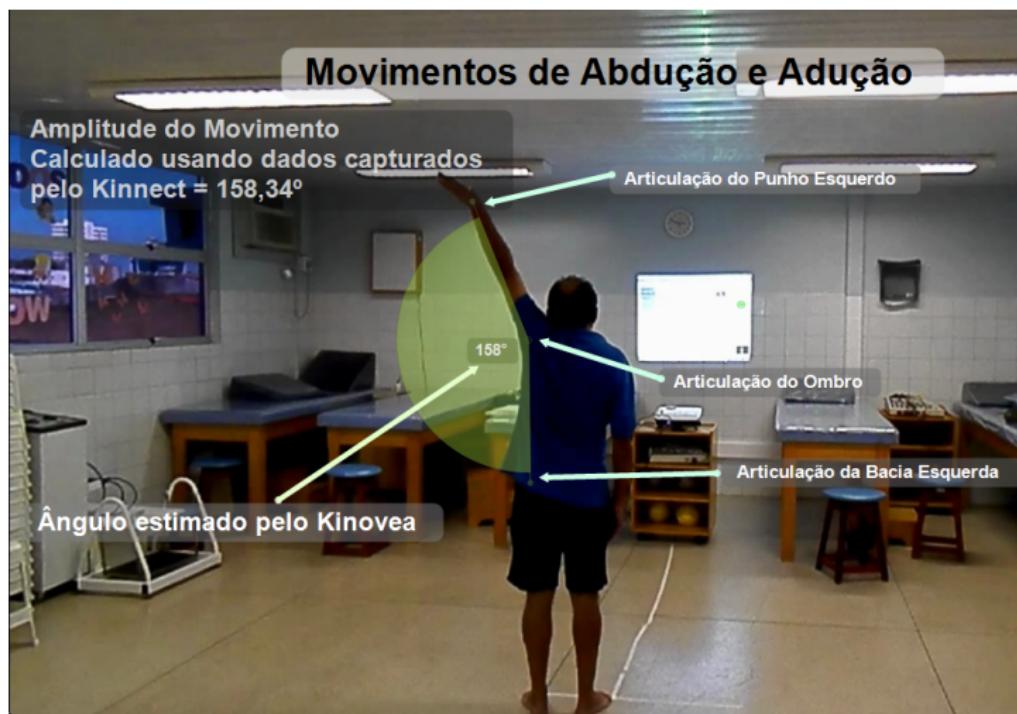


Processo de Coleta de Dados

- 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;

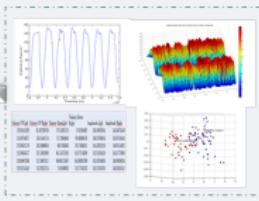
F-Measure : análise de classificador binário que mede a acurácia.

Limitações do Método

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



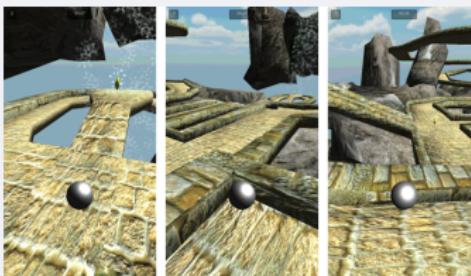
Profissional de Saúde



Visualização da Informação

Outros Experimentos

Uso de Jogo em *Smartphone* Para Detecção de Tremor

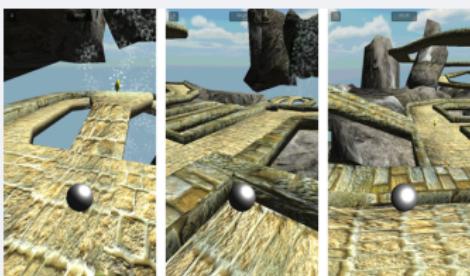


Insucesso na Quantificação

- Tremor da DP é de repouso.

Outros Experimentos

Uso de Jogo em *Smartphone* Para Detecção de Tremor

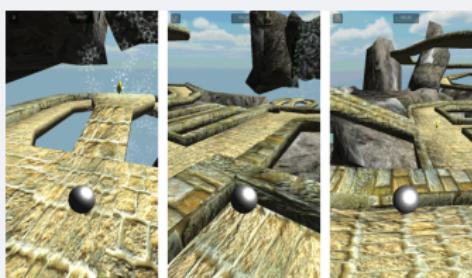


Insucesso na Quantificação

- 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.

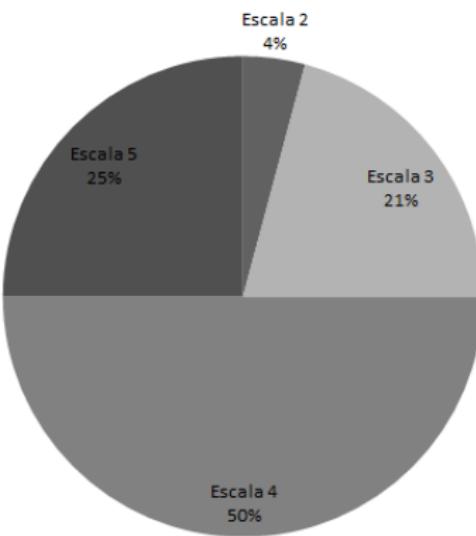
Questões da Pesquisa

- 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

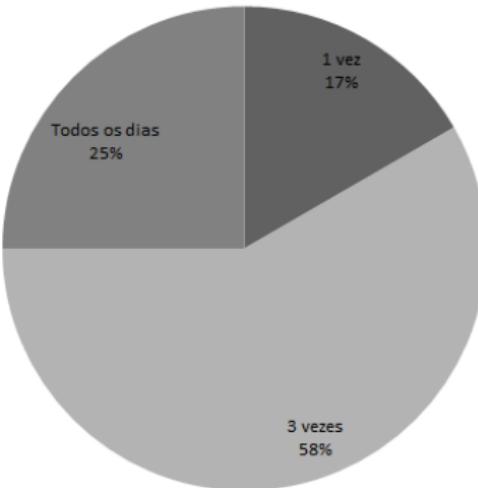
Numa escala de 1 a 5 qual o grau de diversão do jogo?



Integrar a Abordagem à Rotina Diária

Métrica 1.3: Integrar o Jogo À Rotina Diária

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



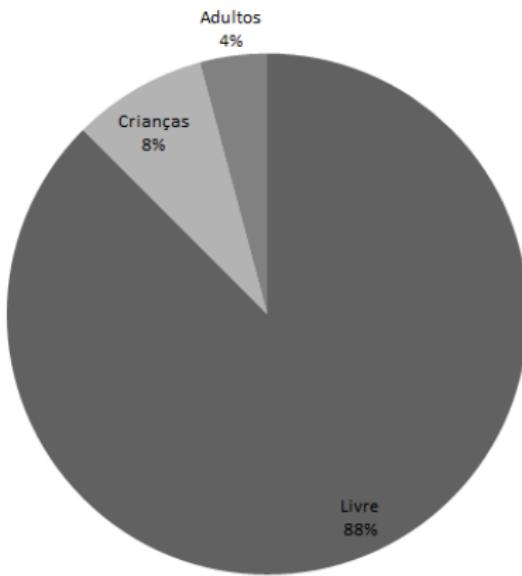
Integrar a Abordagem à Rotina Diária

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-Controle (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].

Introdução
oooo

Estudo de Caso
oooooo

Desenv. de Jogos
oooooooooooo

Experimentos
oooooooooooo

GQM
ooooooo

Finalização
ooo●

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.