



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Marcus Vinicius da Silva Marcelino

MÓDULO DE MONITORAMENTO DOS MOVIMENTOS CORPORAIS: desenvolvimento do mecanismo de identificação dos movimentos levantar e sentar utilizando dispositivo móvel

Palmas – TO

2019

Marcus Vinicius da Silva Marcelino

MÓDULO DE MONITORAMENTO DOS MOVIMENTOS CORPORAIS: desenvolvimento do mecanismo de identificação dos movimentos levantar e sentar utilizando dispositivo móvel

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Sistemas de Informação pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Prof. M.e Fábio Castro Araújo

Palmas – TO

2019

Marcus Vinicius da Silva Marcelino

MÓDULO DE MONITORAMENTO DOS MOVIMENTOS CORPORAIS: desenvolvimento do mecanismo de identificação dos movimentos levantar e sentar utilizando dispositivo móvel

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Sistemas de Informação pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Fábio Castro.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Fábio Castro Araújo

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. M.e Heloise Acco Tives Leão

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. M.e Madianita Bogo

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço primeiramente a Deus, pois foi ele quem me capacitou e me deu forças para chegar até aqui, foi nele onde encontrei coragem para continuar, mesmo com todas as dificuldades no pelo caminho. Quero agradecer também a todos os meus amigos, familiares e professores, todos que me apoiaram e me ergueram quando precisei, todos os suportaram comigo e não me deixaram desistir. Agradeço aqueles que me orientaram e me deram o conhecimento que hoje possuo.

RESUMO

MARCELINO, Marcus Vinicius da Silva. **Módulo de monitoramento dos movimentos corporais: Desenvolvimento do mecanismo de identificação dos movimentos levantar e sentar utilizando dispositivo móvel**. 2019. 4457 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Sistemas de Informação, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

A captura de movimentos tem se mostrado bastante útil, desde desenvolvimentos de jogos a sistemas para auxílio de testes clínicos em pacientes, mas o custo de tais ferramentas para esse propósito costuma ser alto. Este trabalho buscou desenvolver um meio simples de captura de identificação dos movimentos levantar e sentar, utilizando um dispositivo móvel. No decorrer deste trabalho será apresentado o desenvolvimento do mecanismo de identificação dos movimentos levantar e sentar utilizando-se um dispositivo móvel portador dos sensores acelerômetro e giroscópio. Partindo da premissa de que os recursos acelerômetro e giroscópio podem capturar o deslocamento de um dado objeto, assim como sua aceleração e direção através dos eixos x, y e z, um determinado dispositivo que possua esses recursos pode conseguir capturar o deslocamento desse em relação ao espaço e o ponto inicial. Baseando-se nestes fatos, é proposta uma forma de captura e identificação dos movimentos corporais mencionados, através de um dispositivo móvel que possua as ferramentas acelerômetro e giroscópio. A atividade de avaliação de movimentos corporais é bastante utilizada para a detecção de problemas de saúde, bem como processos de reabilitação de movimentos, mas costuma ser realizada manualmente, onde o profissional de saúde avalia minuciosamente o paciente durante a execução dos movimentos. O mecanismo de identificação propõe a automatização desta atividade, fornecendo um meio viável e prático, facilitando e simplificando a análise e identificação destes movimentos.

Palavras-chave: Módulo. Dispositivo. Monitoramento. Corporal. Captura. Levantar. Sentar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Adaptado de Vieira e Aguiar (2013), dispositivo em relação ao eixo x	15
Figura 2: Adaptado de Vieira e Aguiar (2013), dispositivo em relação ao eixo y	16
Figura 3: Etapa 1, análise e compreensão	26
Figura 4: Etapa 2, identificação do funcionamento das ferramentas	27
Figura 5: Etapa 3, “Desenvolvimento e Validação”	28
Figura 6: Fluxo de desenvolvimento do mecanismo identificador dos movimentos	29
Figura 7: Tela principal da aplicação móvel	31
Figura 8: Tela de cadastro do usuário	32
Figura 9: Parâmetros que serão utilizados na filtragem dos dados	33
Figura 10: Implementação do método onSensorChanged	33
Figura 11: Posicionamento do dispositivo móvel	35
Figura 12: Forma de execução dos movimentos	38
Figura 13: Aplicação das regras de controle de cenário	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TSL - Teste de sentar e levantar.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variância e fatores influenciadores

36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 POSTURA E MOVIMENTAÇÃO CORPORAL	12
2.2 TESTE DE SENTAR E LEVANTAR	13
2.3 ACELERÔMETRO	14
2.4 GIROSCÓPIO	18
2.5 CAPTURA DE MOVIMENTO	19
2.6 INTERAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO ACELERÔMETRO	19
2.7 INTERAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO ACELERÔMETRO	20
2.8 SISTEMA ANDROID	21
2.6 TRABALHOS RELACIONADOS	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 OBJETO DE ESTUDO	23
3.2 MATERIAIS	23
3.3 MÉTODOS	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento de movimentos permite analisar movimentos realizados por um corpo, avaliando a sua execução. O monitoramento de movimentos como levantar e sentar já é utilizado para verificar diferenciados tipos de problemas na saúde de uma pessoa. Este monitoramento pode ser utilizado em reabilitações físico-motora de pessoas que sofreram algum tipo de trauma, lesões e outros problemas que implicaram na perda de movimentos, permitindo uma análise de tempo e execução do movimento corporal (ALMEIDA, 2017).

Segundo Almeida (2017), a execução de um movimento corporal é realizada por um conjunto de membros do corpo, que serão necessários para realizar este movimento. Estes devem ser executados junto a ações como definição da direção e da posição em que deverão se posicionar. Para alcançar uma postura corporal é necessário realizar um movimento corporal, tarefa controlada pelo cérebro por meio do envio de impulsos nervosos, que se dirigem aos membros que irão realizar este movimento, fazendo com que cada membro se posicione corretamente.

Para a execução do monitoramento de um movimento, é necessário utilizar ferramentas que auxiliam na sua captura e análise. Tais ferramentas devem conseguir identificar e apresentar informações como o tempo de um movimento e a trajetória em relação a sua localização espacial. Estas informações irão auxiliar na análise da execução dos movimentos.

Segundo Bonomi (2010), o reconhecimento de movimentos humanos é uma crescente e desafiadora área de pesquisa. A movimentação humana pode ser vista, em uma primeira análise, apenas como uma simples atividade física provocada pela contração voluntária dos músculos. Porém, qualquer movimentação é complexa a ponto de ter relações com fenômenos concernentes às condições de saúde ou até mesmo ao estado psicológico de um indivíduo.

Atualmente, é possível encontrar várias ferramentas que podem auxiliar na análise de execução de movimentos, sendo mais utilizadas as ferramentas de captura de movimento digital. Segundo Gomide (2013), a captura de movimento, também conhecida como *mocap*, é um conjunto de artifícios usados para mapear e reproduzir deslocamentos em objetos ou seres vivos. Este é um campo novo de pesquisa e a busca por seu aperfeiçoamento é constante.

Este trabalho busca conceber um mecanismo que possibilite identificação dos movimentos levantar e sentar, utilizando somente as ferramentas acelerômetro e giroscópio, presentes em um dispositivo móvel. Para tornar possível o desenvolvimento deste trabalho

algumas técnicas e tecnologias serão analisadas, estudadas e utilizadas para auxiliar no desenvolvimento do mecanismo identificador dos movimentos levantar e sentar.

As informações abordadas neste trabalho buscam detalhar o funcionamento do acelerômetro e giroscópio em um dispositivo móvel, assim como o funcionamento da captura dos dados de um movimento, como esses dados são interpretados e quais linguagens, *frameworks* e *API's* podem ser utilizados para o desenvolvimento do mecanismo de captura e identificação dos movimentos levantar e sentar.

Segundo Godfrey et al. (2008), os acelerômetros são sensores que fornecem um sinal elétrico em tempo real da aceleração projetada sobre os eixos sensíveis, sendo muito adequados para o monitoramento de movimentos humanos. Eles fornecem informações como a frequência e intensidade do movimento. Os acelerômetros são superiores aos dispositivos mais simples como o (pedômetro) que apenas responde a impactos ou inclinações.

O giroscópio é uma ferramenta de “orientação espacial”, a qual consegue orientar-se diante da movimentação em uma determinada direção, usando como referência o centro de rotação. “O giroscópio é um instrumento de medição muito usado atualmente para variadas aplicações, onde se necessita medir ângulos a partir de uma plataforma inercial” (GRANDO; OLIVEIRA, 2015).

Esses conceitos foram utilizados para conceber um mecanismo que possibilita a identificação dos movimentos levantar e sentar. Como forma de validação da proposta, buscou-se desenvolver um mecanismo capaz de utilizar os sensores acelerômetro e giroscópio para identificar os movimentos levantar e sentar, e uma aplicação móvel, a qual implementa o mecanismo identificador, possibilitando a identificação destes movimentos realizados por uma pessoa utilizando um dispositivo móvel, em tempo real, avaliando o seu deslocamento, trajetória, execução.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado como base o trabalho de Almeida (2017). Este por sua vez relata detalhadamente os passos executados e os resultados obtidos em sua pesquisa sobre a captura de movimentos corporais, utilizando ferramentas de identificação de movimentos, incluindo acelerômetro e o giroscópio. Para validar seu trabalho ele desenvolveu uma biblioteca que auxilia no reconhecimento de movimentos simples, agacha-se, levanta-se, correr, saltar, se inclinar para a direita e se inclinar para a esquerda, e apresentou em seus resultados um jogo que implementa esta biblioteca.

O mecanismo identificador dos movimentos levantar e sentar é composto por dois métodos, o primeiro realiza a coleta de informações do movimento executado, e segundo avalia os dados coletados e aponta o movimento que está sendo executado.

Através deste mecanismo identificador dos movimentos levantar e sentar, será possível utiliza-lo na automatização de tarefas como avaliações corpóreas e verificações de postura. O módulo irá simplificar a verificação, apresentando um detalhamento da execução destes movimentos, facilita e auxilia na execução de tarefas como o teste de sentar e levantar mais conhecido como “TSL”.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento deste trabalho é necessário ter uma maior compreensão sobre as ferramentas acelerômetro e giroscópio, assim como os conceitos, de postura e movimentação corporal e captura de movimentos. Para isso, todas as informações sobre os mesmos serão abordadas nas próximas seções.

2.1 POSTURA E MOVIMENTAÇÃO CORPORAL

A postura pode ser expressa como um posicionamento corporal ou o arranjo de partes do corpo que se movimentam, posicionando-se de forma precisa. Segundo Val et al. (2005, p. 346), uma boa postura pode evitar vários problemas de saúde, bem como auxílio em tratamento de doenças. Quando realizada de forma precisa, ela evita o gasto desnecessário de energia em uma determinada atividade exercida por uma pessoa.

Uma atividade inicia-se junto a uma postura e envolve membros do corpo reagindo de forma voluntária ou involuntariamente. Segundo Mochizuki e Amadio (2003, p. 8), o controle postural é o controle do arranjo dos segmentos corporais, baseados em informações sensoriais de diferentes fontes.

Uma postura corporal está ligada diretamente ao movimento corporal e, para assumir cada postura, é preciso realizar os movimentos corporais necessários. Segundo Turtelli (2003, p.10), o movimento e imagem corporal estão intimamente ligados, influenciando-se a todo momento simultaneamente. Uma das funções "clássicas" atribuídas à imagem corporal é a orientação da postura e dos movimentos corporais.

Para Schilder (1999, p. 324), o modelo postural do corpo, assim como o conhecimento dos membros e de suas relações mútuas, é necessário para começar qualquer movimento. Quando o conhecimento dos membros for insuficiente para o início do movimento, o indivíduo tentará aumentar seu conhecimento através de movimentos de teste. O conhecimento sem movimento é sempre incompleto.

Como dito por Turtelli (2003, p. 2) é necessário o movimento corporal para a construção de uma postura, sendo assim, é preciso ter conhecimento sobre o corpo para realizar uma postura. O movimento corporal pode ser utilizado para realizar uma ação, ou expressar uma ação, logo, possui uma grande importância para o ser humano, de seu nascimento a seu

crescimento. "O desenvolvimento [da imagem corporal] é guiado pela experiência, erro e acerto, esforço e tentativa" (SCHILDER, 1999, p. 318).

Segundo Schilder (1999, p. 319) o movimento e ação são importantes para o reconhecimento e construção da imagem corporal. A relação acontece nos dois sentidos, tanto o movimento faz-se necessário para a percepção do corpo, quanto o conhecimento das diversas partes do corpo e de suas relações mútuas é necessário para a realização de qualquer movimento.

2.2 TESTE DE SENTAR E LEVANTAR

O Teste de Sentar e Levantar (TSL) é um método desenvolvido para avaliar o desempenho de uma pessoa, analisando a presença de falhas ou dificuldades durante a sua execução. De acordo com Lira e Araújo (2008, p.10), o TSL envolve os atos de sentar e levantar do solo, comuns nos primeiros anos de vida, mas progressivamente menos presentes no cotidiano, de acordo com o passar dos anos.

Segundo Lira e Araújo (2008, p. 10), o TSL é um procedimento simples, que tem como objetivo avaliar a destreza na execução das ações de sentar e levantar do solo. A avaliação é feita separadamente, para cada ação, atribuindo-se escores independentes. Sua praticidade facilita a execução e acesso, o que viabiliza sua utilização sempre que necessário.

De acordo com Santos et al. (2013, p. 36), o desempenho no teste relativamente simples de sentar e levantar da cadeira pode ser indicador útil na prevenção da incapacidade em procedimentos de triagem das condições de saúde da população idosa. Os resultados do TSL também auxiliam na identificação de falhas nas condições físicas do paciente.

A realização do TSL, segundo Ricardo e Araújo (2001, p. 47), ocorre nas seguintes condições: deve ser administrado em uma superfície plana e não escorregadia, com o avaliado descalço, sem meias e desprovido de roupas que limitem seus movimentos. O teste é realizado em cada paciente separadamente, para que o mesmo seja analisado de forma minuciosa, aumentando assim, a eficácia na coleta de informações durante a execução.

Neste teste, é avaliada a execução dos movimentos, verificando as dificuldades encontradas pelo paciente. De acordo com Lira e Araújo (2000), o TSL avalia a destreza nas ações de sentar e levantar do solo, independentemente, utilizando uma escala ordinal de 0 a 5. Esta escala serve para auxiliar na atribuição de notas, de acordo com o desempenho obtido pelo

paciente. Para cada apoio utilizado nas ações, um ponto é perdido e, caso haja desequilíbrio, mais meio ponto é subtraído do escore máximo de 5.

2.3 ACELERÔMETRO

O acelerômetro é um dispositivo capaz de calcular a força estática, elemento da aceleração constante, e o efeito do movimento ou a vibração do acelerômetro, resultando na força dinâmica. “O acelerômetro é um componente eletrônico integrado que mede as forças de aceleração exercidas num determinado objeto. Essas forças podem ser de dois tipos: estáticas ou dinâmicas” (DUARTE, 2013, p. 20).

Os acelerômetros são dispositivos eletromecânicos, os quais permitem medir a aceleração e velocidade de um objeto, calculando as forças exercidas. Para Forhan (2010, p. 11), “os acelerômetros determinam as acelerações do centro de massa do veículo, através das quais se obtém as forças específicas que agem sobre o mesmo”. Estes conseguem mensurar a velocidade e o deslocamento de uma atividade, utilizando pontos conectados ao corpo.

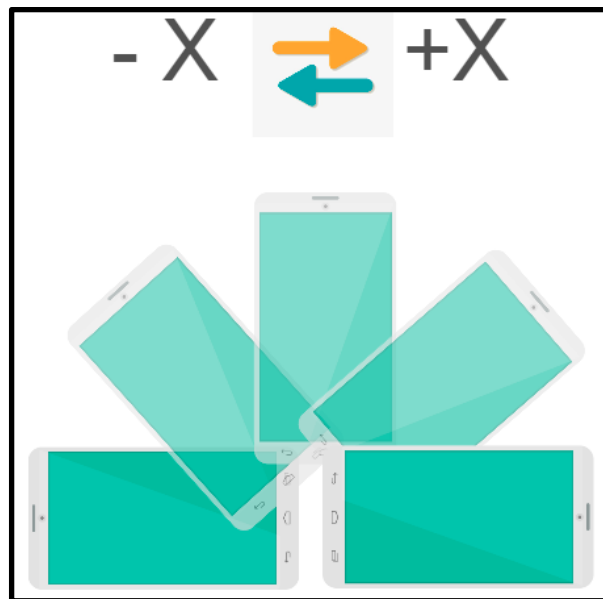
“Um acelerômetro é um instrumento capaz de medir a aceleração sobre objetos. Ao invés de posicionar diversos dinamômetros (instrumento de medição de força) em lugares diferentes do objeto, um único acelerômetro calcula qualquer força exercida sobre ele” (BRESSAN, 2011, p. 11). Basta apenas que o objeto ou corpo em questão, esteja portando o acelerômetro enquanto realiza o movimento, para que a aceleração seja então calculada.

O funcionamento do acelerômetro não é difícil de se entender, trata-se de uma ferramenta que trabalha com o ângulo formado através de uma força aplicada sobre um corpo ou objeto. Segundo Vieira e Aguiar (2013, p. 2), o acelerômetro utiliza o ângulo em relação ao seu estado inicial para medir a aceleração que foi aplicada. Os acelerômetros não calculam apenas a aceleração, mas também inclinação, rotação, vibração, colisão e gravidade.

O acelerômetro consegue calcular a variação da velocidade exercida sobre um corpo ou objeto, para calcular a velocidade ele faz uso dos eixos x, y e z, podendo assumir valores inteiros no intervalo de -128 a 127. Os eixos x, y e z fornecem também a direção do objeto para o acelerômetro. “O típico acelerômetro de um *tablet* ou *smartphone* é capaz de medir acelerações no intervalo $\pm 2g$ (g é a aceleração da gravidade), em relação a um referencial inercial” (VIEIRA; AGUIAR, 2013, p. 2).

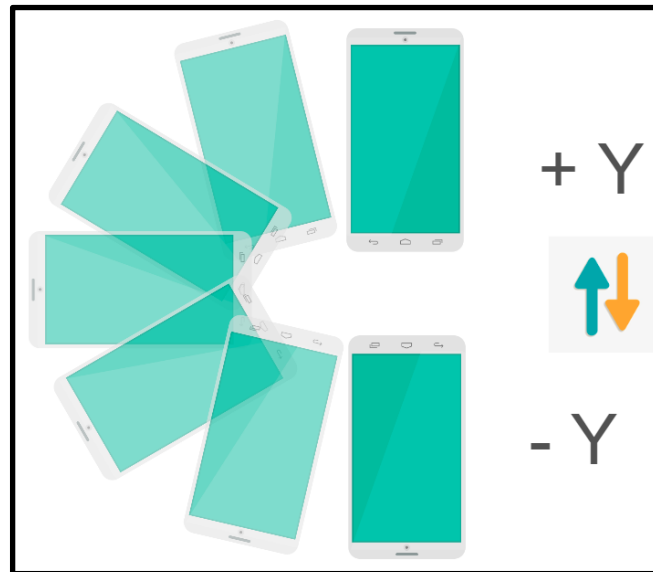
Os valores dos eixos são determinados de acordo com o posicionamento do dispositivo móvel, cada movimento realizado determina em torno dos eixos x e y, o valor que será atribuído, onde a direita é positivo e esquerda é negativo, assim como ilustrado na Figura 1, a seguir. De acordo com Vieira e Aguiar (2013, p. 2), X representa o eixo horizontal.

Figura 1: Adaptado de Vieira e Aguiar (2013), dispositivo em relação ao eixo x



Para Vieira e Aguiar (2013, p. 2), o acelerômetro no smartphone utiliza como base o eixo horizontal, a fim de que o eixo y assume o valor positivo, deve-se posicionar o dispositivo com o visor e em sentido horizontal, apontando sua tela para cima. Para que o valor coletado seja negativo basta posicioná-lo com a tela em sentido horizontal, mas apontando para baixo, como é apresentado na Figura 2, a seguir.

Figura 2: Adaptado de Vieira e Aguiar (2013), dispositivo em relação ao eixo y.



O eixo z baseia-se na profundidade. Para a inserção de valores positivos no eixo z, deve-se posicionar o dispositivo móvel com o visor virado para baixo, e para a inserção de valores negativos, deve-se posicionar o dispositivo com o visor voltado para cima. Vieira e Aguiar (2013, p. 2) apontam o eixo z, como o indicador referencial do espaço onde o corpo ou objeto se encontra durante a execução do movimento.

Segundo Landim (2012), Bill Hammack, mostra de forma simples que é através de um chip dentro de um smartphone que é possível detectar as mudanças na orientação da tela, e apontar a direção em que ela deve se posicionar. A peça é extremamente pequena e tem duas partes principais, um pente e uma caixa a qual está conectado, mesmo conectado ele consegue realizar movimentos de ida e volta de acordo com a movimentação da massa.

Hammack (2012) apresenta o funcionamento do acelerômetro através de dois modelos, no primeiro é utilizado um tubo, uma mola e um objeto fixado a mola. No segundo ele utiliza as partes internas de um chip “acelerômetro” para demonstrar o funcionamento real dentro de um smartphone.

No primeiro modelo, Hammack (2012) explica o funcionamento onde o objeto ligado à mola possibilita a medição da aceleração. Esse objeto é capaz de movimentar-se, mesmo estando conectado a mola fixada dentro do tubo. Quando um movimento é realizado, o objeto desloca-se alongando a mola, permitindo assim que a força da gravidade seja calculada. Enquanto esta pequena mola fixada ao aparelho indica a medida de aceleração a cada movimento, a bola informa se houve ou não movimento de massa.

No segundo modelo, Hammack (2012) explica o funcionamento, utilizando a ilustração do chip “acelerômetro” presente em smartphones. Um pequeno acelerômetro feito de silício fixado ao telefone realiza movimentos lineares, atribuindo valores positivos ou negativos ao capacitor diferencial.

Conforme demonstrado por Landim (2012), o chip “acelerômetro” é composto por uma caixa fixada ao smartphone, uma mola e um pente que realiza movimento de ida e volta. O pente realiza os mesmos movimentos que o objeto mencionado no primeiro modelo. Essas peças trabalham simultaneamente, os dados emitidos são comparados, e após o cruzamento das informações é possível determinar com precisão exata de que maneira o aparelho está posicionado.

Ao longo do tempo várias versões de acelerômetros surgiram, cada um com sua particularidade, vantagens e desvantagens, vindas das características do seu tipo específico. Segue uma lista apresentada por Carneiro (2003), alguns dos tipos mais comuns de acelerômetros:

- Acelerômetros Capacitivos: estes são dispositivos que fazem uso de um condensador entre a massa e a estrutura de suporte. Os mesmos são frágeis às mudanças ocorridas na capacidade entre eles;
- Acelerômetros Piezoelétricos: são dispositivos compostos de cristais sintéticos, quando há uma compressão estes reagem conduzindo a carga através deles. A carga é gerada através das forças de atração, no momento em que os cristais vibram;

De acordo com Prada (2009), desde que o iPhone inovou com o recurso, celulares, players e câmeras digitais abusam do posicionamento automático da imagem, mudanças de faixa e execução de ações sem que botão algum seja pressionado. Em um computador, por exemplo, uma das funções do acelerômetro é evitar que o disco rígido seja danificado durante uma queda, parando o HD durante movimentos bruscos.

Os acelerômetros presentes em smartphones utilizam-se de um ponto principal para orientar-se sobre os movimentos aplicados. “No caso dos acelerômetros instalados em smartphones, as acelerações são medidas por um sistema de coordenadas definido em relação a tela do aparelho. Os eixos não são trocados quando a orientação da tela do dispositivo muda” (BISCONSINI, 2016, p.31).

2.4 GIROSCÓPIO

Para Fonseca (2015, p. 2), os giroscópios são mecanismos formados por um rotor suspenso acoplado a dois círculos articulados com juntas do tipo gimbal. São instrumentos utilizados principalmente para medir ou manter uma orientação, com aplicações essenciais em equipamentos de localização. OS giroscópios são dispositivos relativamente antigos, que servem para indicar, durante alguma movimentação, a variação do seu ângulo de rotação em relação à certo plano.

“Os giroscópios determinam as velocidades angulares do corpo ao qual estão fixados e, por conseguinte, a orientação do veículo em relação à sua trajetória” (FORHAN, 2010, p.11). É possível calcular a orientação dos elementos corporais, avaliando a velocidade de rotação em torno do centro. Desta forma é possível mensurar a velocidade angular, utilizando-o como referência a direção.

Os giroscópios são utilizados em instrumentos como as bússolas, estes possuem a tarefa de garantir que a agulha indique sempre a mesma direção. Segundo Forhan (2010, p.14), a utilização da tecnologia de micro eletromecânica na construção de giroscópios, tornaram-se menores e mais baratos, viabilizando o uso em dispositivos mais populares.

O mundo atual entende a importância deste dispositivo, já que o mesmo é utilizado em várias tecnologias. O que antes demonstrava ser apenas uma perspectiva de possibilidades, tornou-se uma ferramenta propagada no meio industrial. A adaptação e aprimoramento da tecnologia utilizada pelo giroscópio, permitiu que a possibilidade de utilização se estendesse por várias áreas, mas sua presença é mais perceptível na área dos *games* (LANDIM, 2010).

Quando é executada uma ação sobre um smartphone, os sensores de eixo conseguem de forma precisa, identificar o posicionamento do aparelho. Existem tecnologias que utilizam esta ferramenta para funções de determinação automática de uma direção, um exemplo disto é o piloto automático, o qual mantém a direção pré-determinada pelo sistema de direção (LANDIM, 2010).

Em termos de aplicação, sua utilização aparenta ser limitada, já que existem poucos dispositivos compatíveis que realmente agreguem algum valor às funções do aparelho. Essa ligação faz com que a imagem do giroscópio esteja sempre ligada mundo dos *games* (LANDIM, 2010).

2.5 CAPTURA DE MOVIMENTO

Como dito por Silva (1998, p.3) essencialmente, a técnica de Captura de Movimento “MoCap” consiste em registrar, através de um processo de amostragem, a posição e orientação das articulações de um ator “ou performer” ao longo do tempo, e então mapeá-las em um ator virtual, no computador. Os movimentos realizados pelo indivíduo são traduzidos no formato digital, para que então o computador consiga mapeá-lo.

Conforme dito por Gomide (2009, p.3), a “MoCap” foi primeiramente utilizada e desenvolvida para aplicações médicas, mas as produções cinematográficas e de jogos eletrônicos se apropriaram dela e expandiram suas aplicações. A área cinematográfica de animação foi a pioneira na pesquisa de aprimoramento das animações digitais.

Das ferramentas que podem ser utilizadas para a captura, tem-se: câmeras com alta definição, assim como roupas especiais, muito conhecidas e utilizadas no universo cinematográfico, para a realização da captura de movimentos e efeitos especiais. Segundo Damasceno et al. (2012, p.1), diversas tecnologias têm sido utilizadas para desenvolver sistemas de MoCap tais como: sonora, eletromagnética, eletromecânica, óptica (passiva e ativa) e híbrida (que combina mais de uma tecnologia).

O aprimoramento das tecnologias utilizadas para a captura de movimentos é contínuo, mesmo não sendo uma tecnologia tão presente no cotidiano. “Atualmente a captura de movimentos é realizada utilizando recursos digitais, e é um campo do conhecimento relativamente recente, ainda à procura de se definir, e de aperfeiçoar a sua tecnologia, que evolui em diversas direções” (GOMIDE et al. 2009, p.3).

De acordo com Silva (1998, p.3), as informações coletadas através da captura de movimento, são particularmente diferentes dos dados registrados por meio de técnicas tradicionais como *keyframing* e simulação. Seja pelo seu processo de obtenção ou pela própria natureza matemática dos dados. Por isso, uma abordagem específica deve ser utilizada para manipulá-los.

2.6 INTERAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO ACELERÔMETRO

O acelerômetro é um dispositivo capaz de calcular a força estática, elemento da aceleração constante, e o efeito do movimento ou a vibração do acelerômetro, resultando na

força dinâmica. “O acelerômetro é um componente eletrônico integrado que mede as forças de aceleração exercidas num determinado objeto. Essas forças podem ser de dois tipos: estáticas ou dinâmicas” (DUARTE, 2013, p. 20).

De acordo com Developers (2016), os dados gerados pelo sensor acelerômetro sofrem uma alteração, a qual é exercida pela força gravitacional, também capturada por este sensor. Conceitualmente a aceleração aplicada sobre um dispositivo (A_D), é calculada pelo sensor acelerômetro através da medição das forças aplicadas ao próprio sensor (F_S), usando-se a seguinte relação: $A_D = -(\frac{1}{mass} \sum F_S)$. No entanto, a força da gravidade está sempre influenciando a aceleração medida de acordo com a seguinte relação: $A_D = -g - (\frac{1}{mass}) \sum F_S$.

Conforme apontado por Developers (2016), mesmo que o dispositivo móvel esteja parado sobre um ponto ele apresentará valores com alteração influenciada pela de $g = 9,81m/s^2$, ou caso ele esteja em queda livre a $g = 9,81m/s^2$ em direção ao solo, este apresentará uma magnitude de $g = 0m/s^2$. Por esta razão deve-se aplicar uma espécie de filtro que remova a contribuição da força gravitacional para que os dados possam gerados sem a influência de outras variáveis.

2.7 INTERAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO ACELERÔMETRO

O giroscópio é um sensor que possui algumas características que se assemelham ao sensor acelerômetro. Este mede a taxa de rotação em rad/s em torno de cada um dos três eixos x, y e z, os quais são utilizados para identificar a rotação do dispositivo sobre um determinado ponto.

“Os giroscópios determinam as velocidades angulares do corpo ao qual estão fixados e, por conseguinte, a orientação do veículo em relação à sua trajetória” (FORHAN, 2010, p.11). É possível calcular a orientação dos elementos corporais, avaliando a velocidade de rotação em torno do centro. Desta forma é possível mensurar a velocidade angular, utilizando-o como referência a direção.

Os giroscópios normalmente fornecem dados de rotação brutos sem qualquer filtragem ou correção de ruído e desvio (polarização). Na prática, o ruído e o desvio do giroscópio irão introduzir erros que precisam ser compensados. Portanto é necessário filtrar os dados do giroscópio determinando o desvio (polarização) e o ruído, por meio do monitoramento de outros sensores, como o sensor de gravidade ou o acelerômetro.

2.8 SISTEMA ANDROID

“A plataforma *Android* fornece dispositivos virtuais que fornecem dados de forma que a aplicação obtenha acesso ao conjunto de sensores físicos de um determinado dispositivo móvel” (MACHADO; SOUZA, 2015). No dispositivo *android*, os sensores acelerômetro e giroscópio podem ser acessados através das bibliotecas disponibilizadas pela plataforma *android*, para que estes possa ser manipulado conforme a necessidade.

Conforme dito por Machado e Souza (2015), para que esses sensores possam ser utilizados é necessário realizar a chamada destes por meio da biblioteca (*sensors.h*). Cada sensor *android* possui sua particularidade, forma específica de funcionamento e gera diferentes tipos de dados em sua determinada função. É por meio do *framework* “sensor” que é possível realizar a identificação de sensores e a capacidade dos sensores em tempo de execução, e isto será útil caso a aplicação possua características que dependam de tipos ou capacidades de sensores específicos.

2.6 TRABALHOS RELACIONADOS

No trabalho de Almeida (2017), foi apresentado o estudo sobre reconhecimento de atividades utilizando-se um jogo *endless running*, assim como os resultados obtidos ele. Alexandre descreveu os passos realizados por ele para alcançar sua pesquisa, apresentando ao final uma biblioteca de reconhecimento de atividades, e um jogo que implementa a biblioteca desenvolvido por ele.

Seus objetivos foram apresentar um sistema de reconhecimento que possibilite a identificação de atividades realizadas em tempo real e o desenvolvimento de uma biblioteca que permita facilitar a criação e utilização deste tipo de sistema. Por fim foi apresentado um jogo como prova de conceito, implementando a biblioteca desenvolvida. Ele utilizou o jogo para verificar se este constitui uma forma inovadora e imersiva de interagir com o dispositivo móvel, promovendo a atividade física.

No trabalho realizado por Vendramini (2015), “*Serious Games* na saúde: aplicação de dispositivos *non-touch* em atividades de fisioterapia”, foi apresentada a viabilidade de um

sistema de monitoramento de exercícios. O mesmo descreve o desenvolvimento de um protótipo baseado nos conceitos de monitoramento de movimentos.

Os resultados obtidos no trabalho de Vendramin visam a possibilidade de utilização do sistema para auxiliar o profissional de saúde. Ele buscou evidenciar a possibilidade de utilização não apenas em monitoramento de exercícios, mas em outras funcionalidades com games e reabilitação, de modo a fornecer aos pacientes e profissionais um melhor *feedback* e motivação nos exercícios feitos.

Fernandes et al. (2014) apresentaram o desenvolvimento do FisioGame, “jogo com realidade aumentada virtual” para realização de exercícios de fisioterapia. Este reconhece o posicionamento do jogador mostrando na tela se está ou não sendo executada de forma correta.

No trabalho de Pinheiro et al. (2008), foi apresentado o desenvolvimento de um sistema capaz de capturar e construir a trajetória do movimento em relação ao espaço presente, utilizando como base, pesquisas de técnicas de medição do movimento humano. O sistema desenvolvido utiliza câmeras de vídeo para registrar o movimento, junto a um *software* capaz de processar as imagens extraídas dos vídeos, de forma a estimar a trajetória do movimento e calcular as variáveis cinemáticas.

Em seu trabalho Pinheiro fez uso de técnicas computacionais para tornar possível o desenvolvimento de um sistema de captura de movimentos. O mesmo utilizou técnicas de processamento de imagens, visão computacional, cálculos numéricos e modelos antropométricos do corpo humano.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A estrutura metodológica utilizada para a concepção deste trabalho será apresentada nas seções a seguir, assim como os materiais que foram utilizados para o desenvolvimento do mecanismo identificador dos movimentos sentar e levantar.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

O mecanismo desenvolvido busca realizar a tarefa de captura e identificação dos movimentos levantar e sentar utilizando um dispositivo móvel, fazendo uso dos conceitos de captura de movimentos.

3.2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados para o desenvolvimento do mecanismo identificador serão apresentados a seguir.

Após verificar os métodos de coleta dos dados utilizando os sensores acelerômetro e giroscópio, estabeleceu-se a utilização da linguagem *Java* para o desenvolvimento do mecanismo e da aplicação *móBILE*, para facilitar a implementação do mecanismo identificador na aplicação *móBILE*.

Para o desenvolvimento do banco de dados será utilizado o *SQLite* que para Comachio (2011 p.25), é um banco de dados *Open Source*, utilizado no *Android*. *SQLite* suporta padrão dos bancos de dados relacionais como a sintaxe *SQL*, operações e instruções preparadas. Além disso, requer pouca memória em tempo de execução aproximadamente 250 *KByte*.

O *Android Studio* é um ambiente de desenvolvimento integrado, disponibilizado pela *Google*, para desenvolvimento nativo na plataforma *Android*. Esta ferramenta foi criada pelo *Google*, e apresentada no *Google I/O 2013*. Seu objetivo é auxiliar os desenvolvedores de aplicativos *Android* em algumas tarefas que parecem simples, porém possuem importância vital para o surgimento de novos programas. Ele pode ser instalado em *Windows*, *Linux* e *Mac OS X* (BARROS, 2013).

3.3 MÉTODOS

O desenvolvimento do mecanismo identificador dos movimentos levantar e sentar utilizando um dispositivo móvel, foi dividido em três etapas, “Análise e Compreensão”, “Identificação do Funcionamento das Ferramentas” e, por fim, “Desenvolvimento e Validação”. Cada uma dessas etapas possui um conjunto de tarefas, as quais serão descritas a seguir:

- A etapa de “Análise e Compreensão”, é responsável pela construção da base teórica. Nesta etapa serão coletados todos os conceitos e informações relevantes para o trabalho, o seu conjunto de tarefas consiste em:
 - encontrar por meio de pesquisas, trabalhos relacionados ao tema;
 - estudar e analisar os trabalhos relacionados ao monitoramento de movimentos;
 - compreender a metodologia de reconhecimento de movimentos;
 - analisar o funcionamento do teste de sentar e levantar;
 - distinguir a diferença entre determinadas posições corporais;
 - compreender a diferenciação entre os movimentos, levantar e sentar, realizados por uma pessoa;
 - entender o funcionamento dos testes de levantar e sentar realizados por uma pessoa.
- A etapa de “Identificação do Funcionamento das Ferramentas”, consiste em:
 - identificar tipos de dados gerados pelas ferramentas giroscópio e acelerômetro;
 - compreender o funcionamento de tais ferramentas em um dispositivo móvel.
 - Identificar os métodos necessários para captura e interpretação dos dados coletados.
- A etapa de “Desenvolvimento e Validação”
 - identificação das ferramentas necessárias;
 - desenvolver aplicação móvel de captura e identificação dos movimentos levantar e sentar, para coleta dos dados dos movimentos levantar e sentar;
 - aplicação das fórmulas de filtragem de dados gerados pelos sensores;
 - coleta e análise dos dados de execução dos movimentos sentar e levantar;
 - análise e identificação do conjunto identificador dos movimentos levantar e sentar;

- desenvolvimento e inclusão do conjunto e do método identificador dos movimentos na aplicação móvel;
- realizar testes com a aplicação móvel, validando o mecanismo identificador dos movimentos.

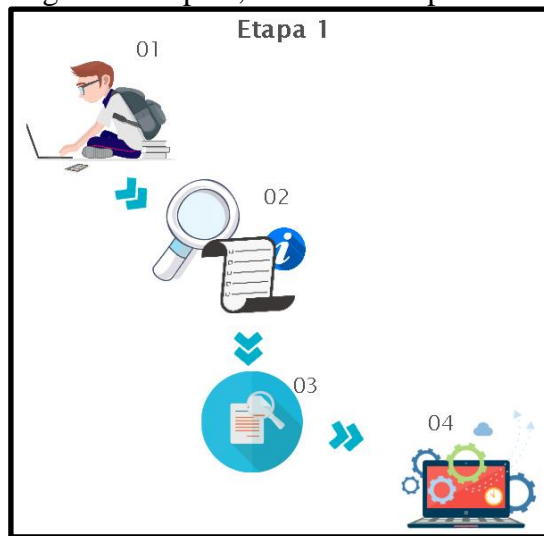
A Figura 3 apresenta a sequência de passos realizados durante a etapa 1, “Análise e Compreensão”, na qual foi realizada a 01 - coleta das 02 - informações teóricas. Nesta etapa foi realizada a 03 - pesquisa sobre os trabalhos relacionados ao monitoramento de movimentos, assim como os conceitos e informações relevantes, as quais auxiliaram no 04 - desenvolvimento deste trabalho.

Para a realização das pesquisas foram utilizados buscadores como, *Scielo*, *Google* e *Google Acadêmico*. Foram utilizadas *strings* de buscas para aumentar a eficácia durante as pesquisas. Segue abaixo em formato de lista algumas das *strings* utilizadas durante as pesquisas:

- Movimento Corporal;
- Postura Corporal;
- Testes de Levantar e Sentar;
- Movimento e sua diferenciação;
- Giroscópio e Acelerômetro Validação;
- Acelerômetro ‘funcionamento’;
- Giroscópio ‘funcionamento’;
- Captura de movimentos;
- Dispositivo móvel para captura de movimentos;
- Utilização de giroscópio e acelerômetro em dispositivos móveis;
- Comunicação entre giroscópio e acelerômetro;
- Método de captura de movimentos com smartphone.

Após realizar as pesquisas com as *strings* foram selecionadas as pesquisas relacionadas ao objetivo principal deste trabalho, de acordo com uma avaliação do assunto destes, através da leitura de sua descrição e resumo. Os passos realizados durante a etapa de análise e compreensão serão ilustrados, a seguir.

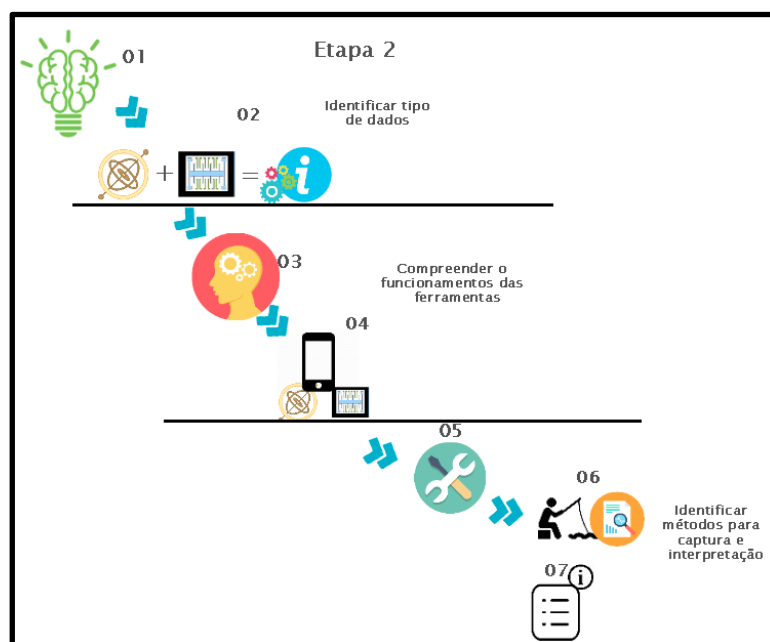
Figura 3: Etapa 1, análise e compreensão.



A Figura 4 ilustra a sequência de passos realizados durante a etapa 2, “identificação e reconhecimento do funcionamento das ferramentas” giroscópio e acelerômetro. Como ilustrado na Figura 4, a etapa iniciou-se com a 01 - execução das pesquisas para compreender, quais os 02 - tipos de dados gerados pelas ferramentas. Em seguida buscou-se 03 - compreender o 04 - funcionamento das ferramentas acelerômetro e giroscópio em um smartphone, e ao fim 05 - identificar as metodologias utilizadas para 06 - coletar, e 07- interpretar, os dados por tais ferramentas.

Esta etapa foi extremamente importante, pois visou identificar o funcionamento dos dispositivos acelerômetro e giroscópio em um smartphone, possibilitando assim a elaboração da metodologia para a coleta, armazenamento e interpretação dos dados gerados. O mecanismo identificador utilizará os dados armazenados para realizar identificação do movimento, cruzando os dados gerados com os dados identificadores. Todos os passos realizados para identificação do funcionamento das ferramentas serão ilustrados a seguir.

Figura 4: Etapa 2, identificação do funcionamento das ferramentas.



A etapa 3 se iniciou com a identificação das ferramentas, metodologia, linguagens e bibliotecas que auxiliaram tanto no desenvolvimento da aplicação móvel quanto no desenvolvimento do mecanismo identificador dos movimentos levantar e sentar de uma pessoa fig.5 (2).

A aplicação mobile foi desenvolvida com o intuito de possibilitar o acesso aos sensores acelerômetro e giroscópio em um dispositivo móvel, a coleta dos dados dos movimentos, e como estabelecido previamente, é uma forma de validação do mecanismo identificador, já que por sua vez, ela o implementará possibilitando os testes do mecanismo. Os detalhes do desenvolvimento da aplicação estão descritos na área de anexos.

Após o seu desenvolvimento, a aplicação auxiliou na 03 - tarefa de coleta das informações geradas pela execução dos movimentos levantar e sentar de uma pessoa. Todos os dados coletados foram utilizados para identificar o padrão de cada movimento e conceber o conjunto identificador.

Os dados coletados previamente foram utilizados durante a 04 - fase iterativa, a qual buscou realizar testes em agrupamentos dos dados gerados por cada um dos movimentos separadamente. A fase iterativa realizou testes calibrando os sensores e adaptando as funções de filtragem, para identificar o padrão que diferencie o movimento sentar do movimento

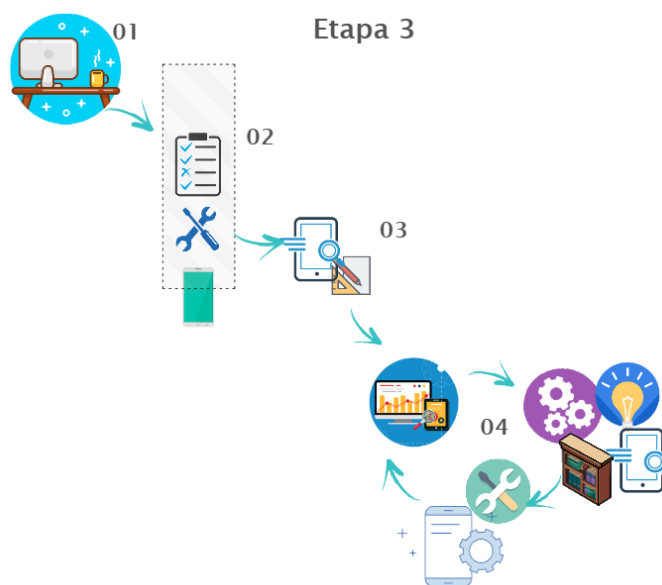
levantar, esta foi executada de forma iterativa, já que por sua vez os resultados serviam como dados de entrada para serem verificados e adaptados.

O posicionamento do dispositivo móvel durante a execução dos movimentos foi decidido no decorrer do processo de coleta dos dados. Com o auxílio do orientador, foi analisado o melhor ponto para posicioná-lo, o qual favorecesse a coleta de dados e possibilita a identificação dos movimentos levantar e sentar.

O processo de coleta dos dados de cada um dos movimentos foi realizado junto ao orientador. Os dados foram coletados durante as simulações do teste de sentar e levantar, estes foram utilizados para encontrar o conjunto de dados identificadores.

O foco da fase iterativa foi a realização dos testes analisando os dados coletados de cada posição, em busca do identificador que faz a diferenciação entre os movimentos levantar e sentar. O conjunto de dados identificador foi implementado na aplicação mobile com o propósito de testá-los e validá-los, certificando-se que estes alcançaram o objetivo. A figura 5 ilustra os principais passos da terceira etapa.

Figura 5: Etapa 3, “Desenvolvimento e Validação”.

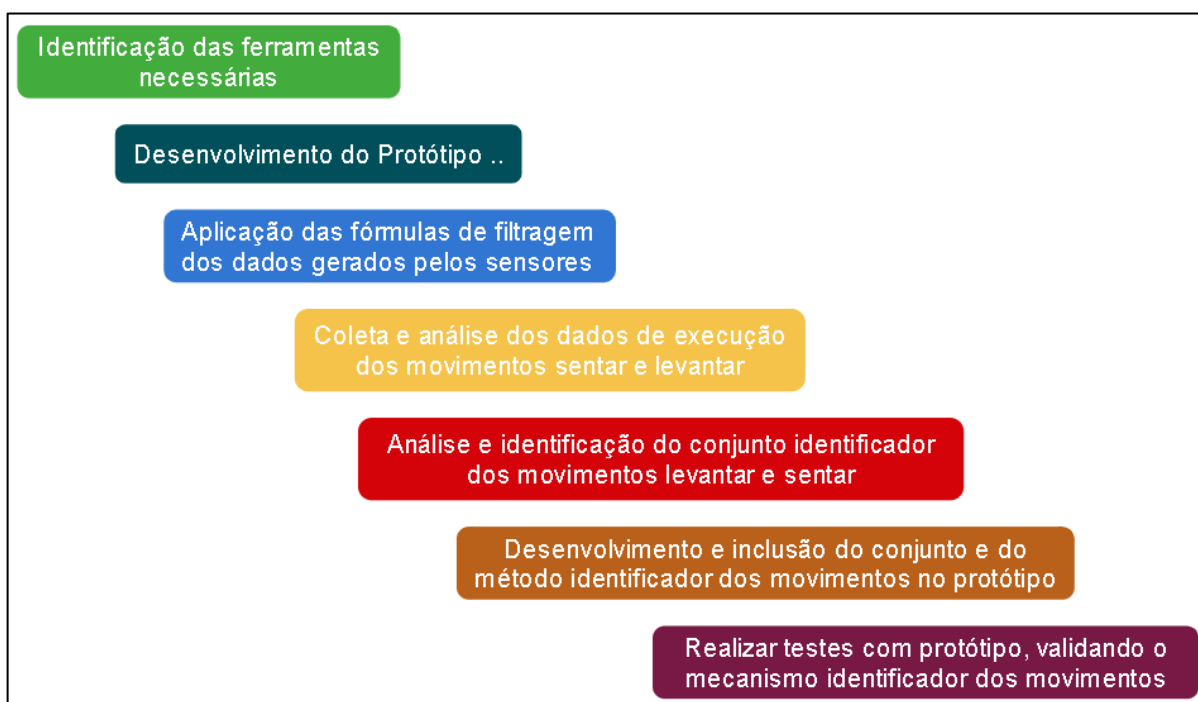


Ao encontrar o conjunto identificador, este foi utilizado para o desenvolvimento do mecanismo identificador dos movimentos levantar e sentar, após seu desenvolvimento este foi validado por meio de testes realizados junto ao orientador. A validação foi feita com o auxílio do orientador.

Durante a etapa de desenvolvimento do mecanismo identificador, utilizou-se a metodologia *bottom-up*, para facilitar execução de cada uma das fases do desenvolvimento

assim como a validação das fórmulas que foram aplicadas para filtragem dos dados gerados pelos sensores acelerômetro e giroscópio e a validação do mecanismo identificador. A figura 6 ilustra o fluxo durante o desenvolvimento do mecanismo identificador.

Figura 6: Fluxo de desenvolvimento do mecanismo identificador dos movimentos.



A figura 6 ilustra como foi executada a etapa de desenvolvimento do mecanismo identificador, a qual foi dividida em sete partes, da Identificação das ferramentas necessárias a Realização dos testes com a aplicação móvel, validando o mecanismo identificador dos movimentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção estão descritos os resultados do desenvolvimento do mecanismo de identificação dos movimentos levantar e sentar realizados por uma pessoa utilizando dispositivo móvel com sensores de movimento, acelerômetro e giroscópio.

Para se desenvolver o mecanismo identificador dos movimentos sentar e levantar, é necessário compreender os dados gerados por uma pessoa ao executar estes movimentos, a fim de identificar o padrão existente que auxilie na identificação. É a partir dessa premissa que surge a necessidade de utilização de um aplicativo que acesse os sensores acelerômetro e giroscópio e capture estes dados, aplicativo o qual será acessado no dispositivo móvel.

Para sanar essa necessidade desenvolveu-se uma aplicação mobile com o propósito de possibilitar a manipulação dos sensores acelerômetro e giroscópio, facilitar a coleta e análise dos dados gerados pela execução dos movimentos sentar e levantar e auxiliar o desenvolvimento do mecanismo identificador destes movimentos.

O desenvolvimento desta aplicação mobile é apresentado na seção “APÊNDICES”, algumas informações sobre sua estrutura e composição são apresentadas, assim como as principais partes que interagem com os sensores acelerômetro e giroscópio.

Utilizou-se como hipótese que os movimentos realizados por uma pessoa podem ser traduzidos nos seguintes fatores: deslocamento, aceleração, rotação e direção. Dada a premissa de que um movimento é composto pelo deslocamento de um agrupamento de membros, que partem do ponto A ao ponto B, é possível que tais fatores possam ser interpretados por ferramentas de detecção de aceleração e orientação como acelerômetro e o giroscópio, sendo estes sensores capazes de capturar e calcular dados como força de aceleração, rotação e direção, dentre outros fatores, utilizando-se os eixos x, y e z.

Para tornar possível a coleta de dados, utilizou-se a aplicação *mobile*, para conseguir acionar e captura dos dados gerados pelos sensores giroscópio e acelerômetro presentes no dispositivo móvel. Esta aplicação foi criada na plataforma *android* na linguagem *java*, já que esta disponibiliza bibliotecas que facilitam o acesso e manipulação destes sensores na plataforma.

Durante o desenvolvimento do mecanismo identificador dos movimentos levantar e sentar, utilizou-se as informações dos dados coletados com os sensores acelerômetro e giroscópio através da aplicação móvel desenvolvida, buscando identificar o padrão nos dados

gerados através da execução dos movimentos, sentar e levantar, a fim de elaborar um método que consiga utilizar estes padrões para interpretar o movimento que esteja sendo realizado, seja este o movimento levantar ou o movimento sentar. A figura 7 ilustra a tela principal da aplicação mobile.

Figura 7: Tela principal da aplicação móbil.



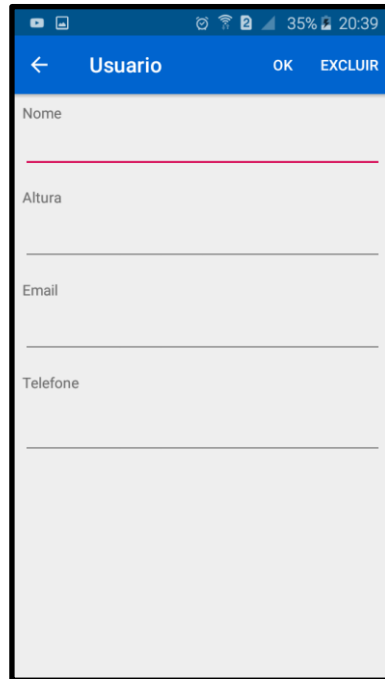
A figura 7 ilustra a tela principal, a qual é utilizada também para visualização dos dados gerados pela execução de um dos movimentos, levantar ou sentar. Nesta tela são apresentados os valores gerados nos eixos x, y e z dos sensores acelerômetro e giroscópio, bem como o resultado do mecanismo identificador dos movimentos levantar e sentar, apontando o movimento que está sendo realizado.

Os dados gerados pelos eixos x, y e z são atualizadas automaticamente por meio do método “*onSensorChanged()*”, ilustrado na figura 10. Este método é responsável pela identificação das alterações nos valores dos sensores, de acordo com a execução do movimento assim como a atualização dos dados apresentados na tela principal.

A figura 8 apresenta a tela de cadastro do usuário, onde este irá inserir sua altura, a qual será utilizada como parâmetro de entrada para que o ponto inicial do dispositivo em relação ao campo espacial dos três eixos seja calculado. Isso permitirá que os métodos utilizem a altura como ponto base inercial e, assim, tornem possível a análise da execução dos movimentos

sentar e levantar para pessoas com alturas diferentes. A figura 8 ilustra a tela onde o usuário realiza o cadastro de suas informações.

Figura 8: Tela de cadastro do usuário.

A imagem mostra a tela de cadastro de um usuário em um aplicativo móvel. O cabeçalho da tela é azul e contém um ícone de seta para trás à esquerda, o título "Usuario" no centro e os botões "OK" e "EXCLUIR" à direita. Abaixo do cabeçalho, há quatro campos de entrada de texto, cada um com um rótulo à esquerda: "Nome", "Altura", "Email" e "Telefone". Cada campo possui uma linha horizontal para digitação. O fundo da tela é cinza claro.

Como foi mencionado ambos os sensores acelerômetro e giroscópio sofrem alterações em seus dados, devido a força gravitacional aplicada sobre eles, para que se possa obter dados mais concretos é necessário aplicar funções que realizam a filtragem desses dados adicionais. Essas funções realizam a filtragem removendo os dados adicionais da força gravitacional do acelerômetro, já o giroscópio necessita de dados de outros sensores como o acelerômetro para possibilitar a remoção do ruído.

As documentações disponibilizadas pelo site oficial da plataforma *android* fornecem a composição estrutural destas funções com exemplos dos parâmetros de filtragem destas funções. Para se obter os parâmetros de filtragem corretos é necessário realizar testes para adaptação do parâmetro de acordo com o propósito o qual estas serão utilizadas.

Após cadastrar os dados a aplicação retornará a tela inicial e o usuário poderá iniciar a análise dos movimentos, a aplicação apresentará na tela uma imagem representando o movimento o qual o usuário esteja realizando, sendo este o movimento de sentar ou levantar.

Para executar a fase de aplicação das fórmulas de filtragem de dados gerados pelos sensores utilizou-se como base as informações disponíveis no *site* oficial Developers (2016). Neste *site* é explicado todo o contexto das forças gravitacionais, as quais provocam uma

distorção nos dados gerados por cada um dos sensores, levando a necessidade de aplicação de fórmulas que possibilitem a filtragem dos dados gerados pelos sensores acelerômetro e giroscópio.

As funções de filtragem utilizadas na aplicação móvel simulam cálculos de filtragem da força gravitacional, estes por sua vez, utilizam variáveis que auxiliam a execução do cálculo de filtragem dos dados gerados pelos sensores acelerômetro e giroscópio. Tais variáveis foram criadas como um tipo “float”, indicando que elas receberam valores do tipo flutuante “valores decimais reais”, a figura 9 apresentará a os parâmetros que serão utilizados.

Figura 9: Parâmetros que serão utilizados na filtragem dos dados.

```

68
69         double[] gravity = new double[3];
70
71         private static final float NS2S = 1.0f / 1000000000.0f;
72         private final float[] deltaRotationVector = new float[4];
73         private float timestamp;
74

```

A manipulação dos sensores ocorrerá dentro do método “onSensorChanged”, é por meio deste método que é possível acessar os sensores e receber os dados gerados pelos sensores. É por meio deste também a atualização automática dos dados durante execução dos movimentos sentar e levantar. A figura 10 apresenta o método “onSensorChanged” e a implementação inicial da função de filtragem dos dados gerados pelos sensores acelerômetro e giroscópio.

Figura 10: Implementação do método onSensorChanged.

```

115         @Override
116         public void onSensorChanged(SensorEvent event) {
117
118             final double alpha;
119             alpha = 0.8;
120
121             gravity[0] = alpha * gravity[0] + (1 - alpha) * event.values[0];
122             gravity[1] = alpha * gravity[1] + (1 - alpha) * event.values[1];
123             gravity[2] = alpha * gravity[2] + (1 - alpha) * event.values[2];
124
125             acelerometroX = (float) (event.values[0] - gravity[0]);
126             acelerometroY = (float) (event.values[1] - gravity[1]);
127             acelerometroZ = (float) (event.values[2] - gravity[2]);
128
129             sensorA = (acelerometroX + acelerometroY + acelerometroZ);
130             if(event.sensor.TYPE_GYROSCOPE==giroscopio.getType()) { //event.sensor.TYPE_GYROSCOPE
131                 if (timestamp != 0) {
132
133                     giroscopioX = event.values[0];
134                     giroscopioY = event.values[1];
135                     giroscopioZ = event.values[2];
136                     sensorG = (giroscopioX + giroscopioY + giroscopioZ);
137                 }
138             }
139

```

A figura 10 apresenta o método “*onSensorChanged*”, utilizado para realizar a implementação e a manipulação dos sensores acelerômetro e giroscópio, é por meio deste que se é possível receber e manipular os dados gerados pelos eixos x, y e z. O método “*onSensorChanged*” recebe os dados gerados pelos sensores e aplica os cálculos para filtrar a força gravitacional, a qual interfere e influencia os dados resultantes dos sensores acelerômetro e giroscópio.

Em seguida, utilizou-se a aplicação móvel para auxiliar na fase de coleta das informações geradas pela execução dos movimentos levantar e sentar de uma pessoa. A aplicação móvel realizou a tarefa de coleta e interpretação dos dados gerados pelos movimentos, coletando-os a fim de serem utilizados posteriormente na identificação do padrão de cada movimento e possibilitar a concepção do mecanismo identificador.

Os dados coletados previamente foram utilizados durante a fase iterativa, a qual realizou testes em agrupamentos dos dados gerados por cada um dos movimentos separadamente. Esta fase buscou identificar o padrão que diferencia o movimento sentar do movimento levantar. O processo de coleta dos dados de cada um dos movimentos foi realizado junto ao orientador. Os dados foram coletados através de simulações dos movimentos sentar e levantar.

O posicionamento do dispositivo móvel durante a execução dos movimentos foi decidido no decorrer do processo de coleta dos dados. Com o auxílio do orientador foi analisado o melhor ponto para o posicionamento do dispositivo, o qual favorece-se a coleta de dados e possibilita-se a identificação dos movimentos levantar e sentar.

Estabeleceu-se que o posicionamento do dispositivo móvel fosse em uma das pernas do usuário, em sentido vertical e invertido, com a tela para frente rumo ao horizonte, e com parte de trás apontando para a perna do usuário. Esse é o posicionamento necessário para validar se o resultado do movimento executado pelo usuário está sendo identificado corretamente pelo mecanismo identificador, já que o usuário pode visualizar o resultado na tela do dispositivo. A figura 11 ilustra o posicionamento do dispositivo.

Figura 11: Posicionamento do dispositivo móvel.



A figura 11 ilustra o posicionamento que possibilita que o dispositivo móvel consiga capturar com o maior nível de precisão o movimento que está sendo executado em questão. A figura 11 ilustra um usuário teste, com o dispositivo posicionado na perna esquerda por meio de um suporte auxiliar onde o dispositivo móvel é acoplado, facilitando tanto a execução dos movimentos quanto a captura dos mesmos.

Este posicionamento permite que o movimento seja capturado com a maior precisão já que o dispositivo ficará imóvel. Os sensores foram calibrados para triangular o movimento que está sendo realizado e verificar se este é um movimento “sentar” ou um movimento “levantar” utilizando como ponto de referência a perna do usuário. Este posicionamento foi validado por meio de testes junto ao orientador.

A fase de análise e identificação do padrão de execução de cada um dos movimentos foi realizada de forma iterativa, realizando os testes e analisando os dados coletados de cada posição, em busca do conjunto identificador que possibilitasse a identificação e a diferenciação

dos movimentos levantar e sentar. Durante a fase iterativa os sensores foram calibrados de acordo com cada resultado gerado, buscando aumentar ao máximo a precisão dos sensores acelerômetro e giroscópio.

Concluiu-se na fase de análise que os sensores não são capazes de apresentar um valor estático para cada posicionamento, já que estes são bastantes sensíveis e foram construídos para captar o menor movimento ou ação realizada sobre eles, essa alta sensibilidade faz com que seja proporcionado uma variância nos dados gerados. Essa variância ocorre pela grande sensibilidade que os sensores acelerômetro e giroscópio possuem. Partindo desta premissa, buscou-se identificar um padrão de variância nos dados gerada por cada um dos movimentos.

Ao observar a execução dos movimentos pelos usuários testes durante a fase iterativa foi possível identificar os valores das variâncias geradas por cada um dos movimentos nos três eixos. Mesmo com a grande precisão dos sensores, estes são incapazes de apresentar valores fixos já que sofrem alterações geradas pela força gravitacional acionada pelo menor movimento dos músculos durante os movimentos. Estes foram os padrões de variância dos dados encontrados, em cada um dos eixos durante a execução dos movimentos.

Para o movimento levantar, estar “De pé”, no eixo “x” a variância é em torno de (-25 a +25), esse valor é devido a impossibilidade de manter o corpo totalmente imóvel, no eixo “y” a variância é em torno de (-970 a -980) devido ao posicionamento do dispositivo móvel estabelecido, e no eixo “z” a variância é em torno de (+70 a -70).

Para o movimento sentar, estar “Sentado”, no eixo “x” a variância é de (-5 a +5) devido a estabilidade proporcionada pela posição, no eixo y a variância é de (- 200 a +200). Os dados deste eixo, nesta posição, sofrem variância por influência de alguns fatores como, a altura da pessoa, o formato da perna, o comprimento da perna e o tamanho do bumbum, e por fim o eixo “z” o qual possui a variância em torno de (-900 a +1000), variância influenciada pelos mesmo fatores do eixo “y”.

A tabela 1 apresenta os valores de variância encontrados nos eixos x, y, e z dos sensores acelerômetro e giroscópio, assim como os fatores influenciadores nos movimentos levantar e sentar.

Tabela 1: Variância e fatores influenciadores.

Posições	Eixos	Valores de variância	Fatores influenciadores
----------	-------	----------------------	-------------------------

Movimento levantar = estar “De pé”	X	-25 a +25	Postura; Estabilidade Corporal.
	Y	-970 a -980	Posicionamento do dispositivo móvel estabelecido; Estabilidade Corporal; Diâmetro da Perna.
	Z	+140 a -140	Formato da Perna; Diâmetro da Perna.
Movimento sentar = estar “Sentado”	X	-5 a +5	Postura; Estabilidade Corporal.
	Y	- 200 a +200	Altura da Pessoa; Formato da Perna; Comprimento da Perna; Diâmetro da Perna; Tamanho do Bumbum.
	Z	+900 a +1000	Altura da Pessoa; Formato da Perna; Comprimento da Perna; Diâmetro da Perna; Tamanho do Bumbum.

A tabela 1 apresenta o conjunto de dados padrões encontrados nos sensores acelerômetro e giroscópios durante a fase iterativa de análise dos padrões. Esses intervalos de variâncias foram identificados por meio de testes realizados por um voluntário

Os testes identificaram que cada conjunto de dados padrões sofre influência de alguns fatores, sendo os principais, algumas das medidas corporais do usuário. Para que esses fatores não atrapalhassem a precisão do mecanismo identificador durante a execução dos movimentos levantar e sentar, foi necessário a aplicação de uma filtragem, a qual busca tratar as alterações nos dados, geradas por esses fatores, e assim identificar a variância dos dados correspondente a cada movimento.

Para prosseguir com o desenvolvimento foi necessário antes determinar o ponto de posicionamento do dispositivo e a os dados do conjunto identificador, o qual possibilitasse a maior precisão possível. Utilizou-se então estas informações para elaborar uma forma, a qual o mecanismo identificador possa utilizar os dados de variância padrão de cada movimento, para calibragem dos sensores, e assim identificar o movimento que está sendo executado, tendo como referência o posicionamento do dispositivo.

O mecanismo identificador é composto por dois métodos, o método que realiza a captura dos dados gerados pela execução dos movimentos levantar e sentar, e o método que realiza a

análise e diferenciação, o qual verifica o conjunto de dados de variância padrão e determina o movimento que está sendo realizado. O método de análise e diferenciação recebe os dados por meio dos três eixos x, y e z, realizando a diferenciação da variância, identificando o movimento que está sendo realizado.

A fase de validação do mecanismo identificador dos movimentos foi realizada junto com o orientador realizando simulação da execução dos movimentos levantar e sentar com pessoas de diferentes alturas, para isso foi necessário selecionar 5 voluntários com alturas entre 1,50 metros a 1,90 metros, as fotos dos cinco voluntários no momento dos testes estão presentes no anexo B. A figura 12 ilustra a forma de execução dos movimentos sentar e levantar, realizado por cada voluntário.

Figura 12: Forma de execução dos movimentos.



A figura 11 ilustra a forma de execução dos movimentos levantar e sentar, estabelecidas para a identificação. Nos quadrantes 1 e 2 é ilustrada a postura do usuário teste em relação a

cadeira, sobre posicionamento resultante do movimento levantar. Nos quadrantes 3 e 4 é ilustrada a postura do usuário teste em relação a cadeira, sobre o posicionamento resultante do movimento sentar.

Cada um dos cinco participantes utilizaram um dispositivo móvel, o qual possuía a aplicação implementada com o mecanismo identificador, com o dispositivo móvel localizado no ponto estabelecida por meio dos testes anteriores. Esses testes tinham como objetivo verificar o funcionamento do mecanismo identificador dos movimentos levantar e sentar em pessoas com diferentes alturas, validando a viabilidade de utilização para pessoas com diferentes alturas.

Os passos para realização dos testes foram: coloca-se o suporte na perna a escolha do usuário; deve-se posicionar o dispositivo conforme as regras preestabelecidas; em seguida deve-se ativar a aplicação para iniciar a captura dos movimentos.

Para a validação mecanismo identificador foram estabelecidas regras as quais devem ser obedecidas durante a utilização do mecanismo identificador, para que seja possível a captura e identificação dos movimentos levantar e sentar realizados pelo usuário. Esse conjunto de regras foi necessário para realiza o controle do cenário, caso o contrário a identificação dos movimentos levantar e sentar torna-se impossível, dentro do contexto da utilização somente dos sensores acelerômetro e giroscópio.

A figura 13 ilustra cada uma das regras sendo aplicadas ao usuário para que o mecanismo consiga capturar e identificar os movimentos levantar e sentar, corretamente.

Figura 13: Aplicação das regras de controle de cenário.



A figura 13 ilustra as regras estabelecidas para se ter o controle do cenário, as quais são aplicadas ao usuário, sendo estas: o dispositivo deve se posicionado em uma das pernas com o auxílio do suporte o qual o deixará preso a perna, para alcançar o máximo de precisão durante a captura dos movimentos; o dispositivo deve ser colocado de cabeça para baixo com o visor em sentido horizontal, estas duas primeiras regras são ilustradas no quadrante 1 da figura 12.

A terceira regra é de que a cadeira utilizada para a realização do movimento sentar, deve possuir a altura a qual faça com os joelhos do usuário formem um ângulo de aproximadamente 90° graus ao se sentar, como ilustrado no quadrante 2 da figura 13.

Cada uma das regras detalhadas anteriormente, foram elaboradas de acordo com os testes realizados, visando corrigir os problemas que impossibilitavam a determinação do movimento executado, somente com o uso do acelerômetro e do giroscópio no dispositivo móvel. Estes problemas apontavam a necessidade da utilização de outras ferramentas para a complementar a ação dos sensores, para saná-los foi necessário controlar o cenário, por meio das regras descritas anteriormente, mantendo assim o objetivo principal deste trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo central deste trabalho foi desenvolver um mecanismo identificador para capturar e identificar os movimentos levantar e sentar de uma pessoa, utilizando um dispositivo móvel que possua os sensores acelerômetro e giroscópio. Para isso foi desenvolvido um mecanismo identificador e uma aplicação mobile a qual o implementa, esta por sua vez manipula os dados gerados pelos sensores acelerômetro e giroscópio durante a execução dos movimentos levantar e sentar, os diferenciando e identificando.

Os resultados alcançados neste trabalho validaram a viabilidade da utilização dos sensores acelerômetro e giroscópio na identificação dos movimentos levantar e sentar dentro de um determinado espaço controlado regras para de execução. Este espaço controlado possui regras estabelecidas para gerenciar e controlar a captura e identificação dos movimentos levantar e sentar realizados por uma pessoa utilizando um dispositivo móvel.

Este espaço controlado baseia-se no contexto de utilização de somente os sensores acelerômetro e giroscópio presentes em um dispositivo móvel, sem a inclusão de outras ferramentas ou dispositivos para auxiliarem na captura e identificação dos movimentos.

O mecanismo identificador o qual é composto pelos dois métodos que realizam a coleta e identificação, e a aplicação desenvolvida que o implementa, poderão ser utilizados em trabalhos futuros a fim de que estes explorem todo o seu potencial. Propõe-se a ampliação da identificação para mais outros movimentos como inclinar-se para a direita e para a esquerda, propõe-se que também seja explorada a sua utilização para a detecção de problemas posturais de uma pessoa.

O mecanismo identificador apresentou-se viável quanto a identificação dos movimentos levantar e sentar dentro de um cenário controlado. Como ideia para trabalhos futuros propõe-se pode-se que seja explorada a possibilidade de utilização de outros sensores para o aprimoramento da forma de identificação dos movimentos.

Os próximos trabalhos que fizerem uso desta pesquisa, poderão aperfeiçoar o mecanismo de identificação dos movimentos, ampliando-o para identificar variados movimentos corporais, o que levará ao surgimento de novas possibilidades, ideias e meios de utilização do mecanismo de identificador dos movimentos corporais levantar e sentar.

Este trabalho poderá ser utilizado também como base para próximas pesquisas em torno do monitoramento de movimentos corporais. Os próximos trabalhos poderão utilizar as

informações e resultados aqui produzidos, para desenvolver aplicações que consigam identificar e monitorar movimentos corporais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Alexandre da Cruz Alves Gaudêncio. **Reconhecimento de atividades para jogos em dispositivos móveis**. 2017. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Informática e Sistemas, Engenharia Informática e de Sistemas, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2017. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/18860/1/Alexandre-Gaudencio-Almeida.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2018.
- BARROS, Thiago. **Android Studio é o programa do Google para desenvolver apps para Android**. 2013. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/android-studio.html>>. Acesso em: 04 out. 2018.
- BISCONSINI, Danilo Rinaldi. **Avaliação da irregularidade longitudinal dos pavimentos com dados coletados por smartphones**. 2016. 208 f. Dissertação (Mestrado) - Ciência-Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-18072016-104745/publico/DANILORBISCONSINI.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2018.
- BONOMI, Alberto Giovanni. Physical activity recognition using a wearable accelerometer: **New perspectives for energy expenditure assessment and health promotion**: New perspectives for energy expenditure assessment and health promotion. 2010. 160 f. Tese (Doutorado) - Universitaire Pers Maastricht, Eindhoven, 2010. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/6f93/593d5d05d4210b821090b6a64d1770a38250.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2018.
- BRESSAN, Marcos Antônio. **Automodelo Controlado por Acelerômetro de Celular para Tratamento de Reabilitação de Coordenação Motora em Crianças**. 2011. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Universidade Positivo Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas, Curitiba, 2011. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38098244/Artigo_Computacao_Vestivel_-_1106-Thiago.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1543675281&Signature=llmZDavTqJ%2BOHWhKG6lQOMe4ArY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DComputac_ao_Vestivel_-Definic_ao_e_Desaf.pdf>. Acesso em: 13 set. 2018.
- CARNEIRO, Felipe Marcus. **Levantamento Bibliográfico das Tecnologias dos Acelerômetros Comerciais**. 2003. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Mecânica Computacional – Dmc, Universidade Estadual de Campinas, Cidade Universitária Zeferino Vaz, 2003. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~lotavio/tgs/2003_BibliografiaDeAcelerometros_TG_FelipeCarneiro.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2018.
- COMACHIO, Vanderson. **Funcionamento de banco de dados em Android: um estudo experimental utilizando SQLite**. 2011. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2011. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/537/1/MD_COADS_2011_2_07.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.

DAMASCENO, Eduardo Filgueiras et al. **Uma avaliação heurística sobre um Sistema de Captura de Movimentos em Realidade Aumentada**. Journal Of Health Informatics. São Paulo, p. 87-94. 17 set. 2012. Disponível em: <<http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/148/122>>. Acesso em: 04 set. 2018.

DEVELOPERS. **Conheça o Android Studio**. 2018. Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/intro/?hl=pt-br>>. Acesso em: 04 out. 2018.

DEVELOPERS. **Sensores de movimento**. 2016. Disponível em: <https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion#java>. Acesso em: 12 mar. 2019.

DUARTE, Francisco Joao Aires. **Classificação de atividades físicas através do uso do acelerômetro do Smartphone**. 2013. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Redes de Comunicação e Multimídia, Engenharia de Electrónica e Telecomunicações e de Computadores, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/3291/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

FERNANDES, Flávia Gonçalves et al. **Realidade virtual e aumentada aplicada em reabilitação fisioterapêutica utilizando o sensor kinect e dispositivos móveis**. Universidade Federal de Uberaba-UNIUBE, Minas Gerais, 06 f. 2014. Disponível em: <https://www.peteletricaufu.com/static/ceel/doc/artigos/artigos2014/ceel2014_artigo005_r01.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2018.

FONSECA **bancada de giroscópio e pêndulo invertido**. 2015. 90 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <<http://bdm.unb.br/handle/10483/15167>>. Acesso em: 02 dez. 2018.

FORHAN, Neisy Amparo Escobar. **GIROSCOPIOS MEMS**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2010. 84 p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Neisy_Forhan/publication/41146375_Giroscopios_MEMS/links/58371a4208aef00f3bf80f86/Giroscopios-MEMS.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2018.

GODFREY, Alan et al. **Direct measurement of human movement by accelerometry**. In: M., Giorgi; E., Dall'ara. Medical Engineering & Physics. 10. ed. Iorque: Elsevier, 2008. Cap. 4. p. 1364-1386. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350453308001653>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

GOMIDE, João Victor Boechat. **CAPTURE DIGITAL DE MOVIMENTO NO CINEMA DE ANIMAÇÃO**. 2013. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Artes, Escola de Belas Artes Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/JSSS-94EPAW/mestrado_jvbg.pdf?sequence=1>. Acesso em: 25 ago. 2018.

GOMIDE, João Victor Boechat et al. **Captura de Movimento e Animação de Personagens em Jogos**. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON GAMES AND DIGITAL ENTERTAINMENT, 8., 2009, Belo Horizonte. Rio de Janeiro: Sbgames, 2009. p. 1 - 15.

Disponível em:

<<http://www.sbgames.org/papers/sbgames09/computing/tutorialComputing1.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

GRANDO, Caroline dal Molin; OLIVEIRA, Rodrigo Rubim de. **PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA USO DA BANCADA DE CALIBRAÇÃO DE**

GIROSCÓPIOS. 2015. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial

Elétrica/automação, Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3875/1/CT_COEAU_2014_2_05.pdf>. Acesso em: 14 set. 2018.

HAMMACK, Bill. **How a Smartphone Knows Up from Down (accelerometer)**.

Department of chemical & Biomolecular Engineering. University of Illinois at Urbana-Champaign. 2012. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=KZVgKu6v808&feature=youtu.be>>. Acessado em: 12 set. 2018.

LANDIM, Wikerson. **Como funcionam acelerômetros e giroscópios?** 2010. Disponível em:

<<https://www.tecmundo.com.br/celular/4406-como-funcionam-acelerometros-e-giroscopios-.htm>>. Acesso em: 03 set. 2018.

LANDIM, Wikerson. **Como funciona o acelerômetro de um smartphone?** 2012.

Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/como-funciona/23947-como-funciona-o-acelerometro-de-um-smartphone-video-.htm>>. Acesso em: 02 set. 2018.

LIRA, Vitor Agnew; ARAÚJO, Claudio Gil Soares de. Teste de sentar-levantar: estudos de fidedignidade. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Claudio Gil Soares de Araújo, v. 8, n. 2, p.9-18, mar. 2000. Disponível em:

<<https://portalrevistas.ucb.br/index.php/RBCM/article/download/358/410>>. Acesso em: 02 dez. 2018.

MACHADO, Felipe Duarte; SOUZA, Hélión Santana de. **Protótipo de uma plataforma móvel baseada em Android para monitoramento de parâmetros de qualidade da água do lago Paranoá**. 2015. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Eletrônica, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MOCHIZUKI, Luis; AMADIO, Alberto Carlos. As funções do controle postural durante a postura ereta. **Fisioterapia na Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 10, n. 1, p.07-15, 30 jun. 2003. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/fpusp/article/view/77416/81272>>. Acesso em: 14 set. 2018.

PINHEIRO, Alan Petrônio. **Desenvolvimento de um sistema de captura e análise de movimentos baseado em técnicas de visão computacional**. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Desenvolvimento de Um Sistema de Captura e Análise de Movimentos Baseado em Técnicas de Visão Computacional, Uberlândia, 2008.

Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14376/1/Alan.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.

PRADA, Rodrigo. **O que é um acelerômetro?**. 2009. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/curiosidade/2652-o-que-e-um-acelerometro-.htm>>. Acesso em: 04 set. 2018.

RICARDO, Djalma Rabelo, ARAÚJO, Claudio Gil Soares de. **Teste de sentar-levantar: influência do excesso de peso corporal em adultos**. Rev Bras Med Esporte, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 45-52. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbme/v7n2/v7n2a01>>. Acesso em: 19 set. 2018

SANTOS, Rafaela G. dos, et al. **Força de membros inferiores como indicador de incapacidade funcional em idosos**. Motriz, v. 19, n. 3, p. 35-42. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jair_Virtuoso_Junior/publication/261831040_Lower_limb_strength_as_an_indicator_of_functional_disability_in_older_individuals/links/0deec5358fc25d5e99000000/Lower-limb-strength-as-an-indicator-of-functional-disability-in-older-individuals.pdf>. Acesso em: 26 set. 2018.

SCHILDER, Paul. **A Imagem do Corpo: as energias construtivas da Psique**. Campinas: Martins Fontes, 1999. 405 p.

SILVA, Fernando Wagner Serpa Vieira da. **Um sistema de animação baseado em movimento capturado**. 1998. Tese (Doutorado). Master's thesis, LCG da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <<http://w3.impa.br/~nando/publ/thesis-letter.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2018. 101 p.

SILVA, Henrique Neves da; ENDO, Andre Takeshi; SILVA, Davi Bernardo. **Interação com sensores usando a plataforma Android**. Cornélio Procópio: UTFPR, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5525/1/interacaosensoresandroid.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

TURTELLI, Larissa Sato. **RELAÇÕES ENTRE IMAGEM CORPORAL E QUALIDADES DE MOVIMENTO: UMA REFLEXÃO A PARTIR DE UMA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA**. 2003. 332 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/275449/1/Turtelli_LarissaSato_M.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2018.

VAL, Daniela Cristina do et al. Sistema estomatognático e postura corporal na criança com alterações sensorio-motoras: Stomatognathic system and body posture in children with sensorio-motor deficits. **Pró-fono Revista de Atualização Científica**, Barueri, v. 17, n. 3, p.345-354, 29 set. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/pfono/v17n3/en_v17n3a07.pdf>. Acesso em: 06 set. 2018.

VENDRAMINI, Marcos Dias et al. **Serious Games na saúde: aplicação de dispositivos non-touch em Atividades de fisioterapia**. Programa de Pós-graduação em Informática Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 04 p. 2015.

VIEIRA, Leonardo Pereira; AGUIAR, Carlos Eduardo. **Experimentos com o acelerômetro de Tablets e Smartphones**. 2013. 20 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <Rio de Janeiro>. Acesso em: 26 ago. 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A – IMPLEMENTAÇÃO

A aplicação mobile utilizada para auxiliar o desenvolvimento do mecanismo identificador foi desenvolvida em *Java*, utilizando-se a plataforma *Android Studio*. Serão apresentadas a seguir, as partes principais da aplicação as quais relacionam-se com o funcionamento dos sensores e com o mecanismo identificador. Para utilizar os sensores na aplicação é necessário realizar a chamada da biblioteca de sensores por meio da implementação na classe principal como apresentado na figura 1, a seguir.

Figura 1: Chamada da biblioteca.

```
39  
40 public class ActMain extends AppCompatActivity implements SensorEventListener {  
41
```

Isso fará com que dois métodos sejam implementados “onAccuracyChanged” e o método “onSensorChanged”, os quais são utilizados para manipular os sensores acelerômetro e giroscópio. Para utilizar os sensores acelerômetro e giroscópio é necessária criação de variáveis que instanciam a classe “Sensor”, indicando que estes são parâmetros são do tipo “Sensor”, e que recebem dados de um sensor. A figura 2, a seguir, apresenta a criação dos objetos instanciando as classes acelerômetro e giroscópio.

Figura 2: Criação dos objetos.

```
51  
52 private Sensor accelerometer;  
53 private Sensor giroscopio;  
54 private SensorManager sensorManager;  
55
```

É necessário também a criação de parâmetros os quais são utilizados para receber os dados gerados pelos eixos dos sensores acelerômetro e giroscópio, cada sensor possui três eixos, sendo estes x, y e z, isso faz com que seja necessário criar variáveis que recebam os dados do tipo “flutuante” gerados por cada um dos eixos, a figura 3, a seguir, apresenta criação destas variáveis.

Figura 3: Criação dos parâmetros de coleta dos dados dos sensores.

```

58     float acelerometroX;
59     float acelerometroY;
60     float acelerometroZ;
61
62     float giroscopioX;
63     float giroscopioY;
64     float giroscopioZ;
65
66     float sensorA;
67     float sensorG;

```

Após a criação dos objetos que implementam as classes acelerômetro e giroscópio, estes devem ser instanciados e registrados utilizando um objeto que implementa a classe “*SensorManager*”, a qual realiza a chamada da biblioteca “*SENSOR_SERVICE*”, instanciando-a para utilizar as funções de serviço dos sensores, assim como a função de registro. A figura 4, a seguir, irá apresentar o instanciamento do objeto “*SensorManager*”.

Figura 4: Instanciamento e registro dos objetos giroscópio e acelerômetro.

```

105
106     sensorManager = (SensorManager) getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);
107
108     accelerometer = sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER);
109     sensorManager.registerListener( listener: this, accelerometer, SensorManager.SENSOR_DELAY_NORMAL);
110
111     giroscopio = sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_GYROSCOPE);
112     sensorManager.registerListener( listener: this, giroscopio, SensorManager.SENSOR_DELAY_NORMAL);

```

A manipulação dos sensores ocorrerá nos métodos que foram implementados após o instanciamento da classe “*SensorEventListener*”. A figura 5, a seguir, irá ilustrar os métodos que gerados.

Figura 5: Métodos implementados pela implementação da classe “*SensorEventListener*”, na classe principal.

```

115     @Override
116     public void onSensorChanged(SensorEvent event) {...}
168
169     @Override
170     public void onAccuracyChanged(Sensor sensor, int accuracy) {}

```

O resultado gerado pelo método “*onSensorChanged*”, é apresentado na tela da aplicação móvel, tarefa realizada dentro do método “*onSensorChanged*”. o método

“*onSensorChanged*” realiza a chamada dos objetos da *interface layout* principal, setando-os por meio das “*id’s*” de cada objeto, a figura 6, apresenta a implementação deste método.

Figura 6: Implementação e setagem dos dados gerados pelos sensores acelerômetro e giroscópio na tela da aplicação móvel.

```
142
143     TextView tx = (TextView) findViewById(R.id.tX);
144     TextView ty = (TextView) findViewById(R.id.tY);
145     TextView tz = (TextView) findViewById(R.id.tZ);
146
147     TextView ta = (TextView) findViewById(R.id.tA);
148
149     TextView tGx = (TextView) findViewById(R.id.tGX);
150     TextView tGy = (TextView) findViewById(R.id.tGY);
151     TextView tGz = (TextView) findViewById(R.id.tGZ);
152
153     TextView tG = (TextView) findViewById(R.id.tG);
154
155     tx.setText("Acelerômetro X: " + (acelerometroX));
156     ty.setText("Acelerômetro Y: " + (acelerometroY));
157     tz.setText("Acelerômetro Z: " + (acelerometroZ));
158
159     ta.setText("Acelerômetro: " + (sensorA));
160
161     tGx.setText("Giroscópio X: " + (giroscopioX));
162     tGy.setText("Giroscópio Y: " + (giroscopioY));
163     tGz.setText("Giroscópio Z: " + (giroscopioZ));
164
165     tG.setText("Giroscópio: " + (sensorG));
166
```

APÊNDICE B – FOTOS DA UTILIZAÇÃO DA APLICAÇÃO MÓBILE.

Figura 1: Usuário teste 1.



Figura 2: Usuário teste 2.



Figura 3: Usuário teste 3.



Figura 4: Usuário teste 4.



Figura 5: Usuário teste 5.

