

ACCIOLY, Cecília Bastos da Costa; COSTA, Isis da Silva; DOS SANTOS, Vitor Sotero; Índio Medeiros (SILVA, Rogério de Medeiros); BATALHA, Betina Soares; MONTEIRO, Marcelo Nei Oliveira. **Aprendizagem motora: potencialidades e desafios da elaboração de protocolos para análises específicas em Dança.** Salvador: Universidade Federal da Bahia. Escola de Dança/UFBA; Professora Efetiva (Adjunto I). Instituto de Física; Pós-Doutorado Júnior; Bolsista CNPq. Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica/UFBA; Doutorando, bolsista CAPES; e UniRuy/Wyden; Professor. Escola de Dança/UFBA; Estudantes Graduação; Bolsistas UFBA do PIBIC-UFBA. Escola de Dança/UFBA; Estudante Graduação; Voluntário do PIBIC-UFBA.

RESUMO: Fruto da pesquisa em desenvolvimento intitulada “Análise de aprendizagem motora em estudantes de graduação em dança: um olhar sobre corpo e currículo”, esta apresentação visa discutir as potencialidades e os desafios para a análise da aprendizagem motora especificamente em dança. Identifica diferentes protocolos utilizados previamente para análise de aspectos da aprendizagem motora em dança, oriundos de pesquisas realizadas sob as óticas da Fisioterapia e da Educação Física, que percebem a dança com a função de reabilitação motora e cognitiva, e direcionam a análise para melhoria de performance de movimento, ignorando a perspectiva artística/cênica inerente à dança como área de conhecimento, e que não pode ser dissociada da aprendizagem motora dos sujeitos. Discorre sobre o processo de elaboração de protocolos próprios para esta pesquisa em desenvolvimento, em sua pretensão de realizar a análise considerando as especificidades da Dança; indica alguns caminhos e possibilidades encontradas. Sobre a pesquisa, com a utilização de sensores vestíveis, de captura de movimento e softwares específicos, busca um acompanhamento das diferentes estratégias dos estudantes dos cursos presenciais de Bacharelado e Licenciatura em Dança da UFBA no processo de aprendizagem motora durante a graduação. Trata-se de um estudo prospectivo, longitudinal, com abordagem quantitativa e qualitativa. Configura-se, ao mesmo tempo, como uma análise da prática cotidiana dos novos currículos a serem postos em prática a partir de 2019.1, percebendo o perfil dos estudantes que ingressam nos cursos, mas também como estabelecem relações de aprendizagem direta com os saberes e fazeres da dança diretamente no corpo, em seu percurso formativo no âmbito da instituição.

PALAVRAS-CHAVE: Dança, Aprendizagem Motora, Protocolos de Análise.

Motor learning: the potentialities and challenges of the elaboration of protocols for specific analyzes in Dance

ABSTRACT: As a result of the developmental research entitled "Analysis of motor learning in graduate students in dance: a look at body and curriculum", this presentation aims to discuss the potentialities and challenges for the analysis of motor learning specifically in dance. It identifies different protocols previously used for the analysis of aspects of motor learning in dance, derived from research carried out under physiotherapy and physical education, which perceive dance with the function of motor and cognitive rehabilitation, and direct the analysis for performance improvement of movement, ignoring the artistic/performing perspective inherent in dance as an area of knowledge, and which cannot be

dissociated from the subjects' motor learning. It discusses the process of elaboration of proper protocols for this research in development, in its pretension to carry out the analysis considering the specificities of the Dance as an area of knowledge; indicates some paths and possibilities founded. About the research, with the use of wearable sensors, motion capture and specific softwares, seeks a follow-up of the different strategies of the students of the presencial courses of Bachelor Degree and Teacher Training in Dance at Federal University of Bahia in the process of motor learning during graduation. It is a prospective, longitudinal study with a quantitative and qualitative approach. It is configured at the same time as an analysis of the daily practice of the new curricula to be put into practice from 2019.1, noting the profile of the students who enter the courses, but also how they establish direct learning relationships with the knowledge and skills of dance directly in the body, in its formative course within the institution.

KEYWORDS: Dance, Motor Learning, Analysis Protocols.

Introdução

Este artigo versa sobre a primeira fase da pesquisa *Aprendizagem motora: potencialidades e desafios da elaboração de protocolos para análises específicas em Dança*¹, em desenvolvimento na Escola de Dança da UFBA, que tem por objetivo principal a verificação da aprendizagem motora em estudantes dos cursos presenciais de graduação em Dança da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Configura-se, ao mesmo tempo, como uma análise dos novos currículos a serem postos em prática em 2019 em suas relações com o atualmente vigente, apresentando não apenas o perfil do estudante que ingressa nos cursos oferecidos pela instituição, mas também como estabelece uma relação de aprendizagem direta com os saberes e fazeres da dança diretamente no corpo, em seu percurso formativo no âmbito da instituição, bem como uma avaliação do perfil do egresso do curso.

A pesquisa justifica-se pelo pioneirismo – não havendo pesquisa deste porte realizada, com este público, dentro desta instituição – mas também pela importância, num momento em que o currículo implementado em 2005 passa a ser revisto, não havendo dados para verificação de aprendizagem motora. Esta pesquisa não apenas vêm relacionar-se com a reestruturação curricular, mas também pode vir a reverberar nas possibilidades de formação em dança no

¹ Realizado no âmbito de dois grupos de pesquisa dos quais os autores são participantes: NITRE - Núcleo de Inovação Tecnológica em Reabilitação, e PROCEDA - Políticas e Processos Corporeográficos e Educacionais em Dança.

Ensino Superior, para outras instituições. Ademais, os resultados aqui encontrados podem vir a possibilitar avanços nas pesquisas sobre aprendizagem motora em Dança.

Esta pesquisa propõe a avaliação da evolução das estratégias de controle motor ao longo do processo de formação em dança sob uma abordagem de sistemas dinâmicos e sistemas complexos. Essa abordagem, acoplada à utilização de sensores vestíveis, de captura de movimento e softwares específicos, permite um acompanhamento preciso da evolução das diferentes estratégias motoras realizadas pelo estudante no processo de aprendizagem motora, focado tanto nas estratégias funcionais diárias dos indivíduos, quanto na realização de atividades vinculadas à dança.

Aprendizagem motora

De acordo com Shumway-Cook e Woollacott (2010), o controle motor “é definido como a habilidade de regular ou direcionar os mecanismos essenciais do movimento”. Entendendo que o movimento se dá de acordo com a interação de três fatores básicos, o indivíduo a tarefa e o meio ambiente, o controle motor tem a ver com o contexto em que o corpo se move, que corpo é esse e porquê ele se move, compreendendo que o movimento “não é realizado, de modo geral, na ausência de intenção.” (Shumway-Cook; Woollacott, 2010). O movimento do controle motor é um movimento já adquirido.

Ainda segundo Shumway-Cook e Woollacott, a aprendizagem motora seria uma “série de processos associados à prática ou à experiência que leva a mudanças relativamente permanentes na capacidade de produzir ações hábeis”. O aprendizado motor relaciona-se, então, com a aquisição/modificação de movimentos, com as funções cognitivas e cerebrais que permitem que o corpo aprenda determinado movimento para usá-lo posteriormente.

Aplicando tais conceitos ao universo da Dança, controle motor se entenderia como essa habilidade de regulação dos movimentos nesse contexto específico. Tomando como exemplo uma aula de dança, conduzida em sistema de demonstração de sequências de movimento pelo professor/instrutor que devem ser copiadas e realizadas pelo aluno/dançarino, o *indivíduo* seria o

dançarino, o aluno, a *tarefa* seria uma sequência de movimentos, por exemplo, e o *meio ambiente* a própria sala de aula/ensaio.

Williams et al. (1999) sugerem que o fenômeno da aprendizagem a partir da demonstração pode ocorrer no dia-a-dia, quando um aprendiz, orientado por um professor/instrutor ou de forma autocontrolada, observa um modelo executar uma ação motora, e tenta capturar as informações relevantes daquela ação, por meio de seu sistema sensorial. Essas informações são então utilizadas imediatamente ou posteriormente à execução da habilidade motora em que o aprendiz “copia” o padrão do modelo e faz ajustes em torno desse padrão, considerando a situação ambiental e as suas próprias restrições. Pode-se dizer que as características do desempenho que refletem na aprendizagem motora dependem do aperfeiçoamento/evolução, da consistência/variabilidade; da persistência e da adaptabilidade.

A prática de tarefas motoras induz, então, mudanças plásticas e dinâmicas no Sistema Nervoso Central (SNC) (Fisher et al, 2001). A adaptação sensório-motora a uma tarefa está vinculada ao campo de estudo que é usualmente conhecido como aprendizagem sensório-motora, ou aprendizado sensório-motor (Hwang e Shadmehr, 2005). O processo de adaptação sensório motor ocorre no estado mental consciente, o qual pertence a uma classe de estado funcional do cérebro em que se geram imagens cognitivas sensório motoras. Imagens sensório motoras são a conjunção ou enlace de toda a informação sensorial capaz de produzir um estado que possa resultar numa ação (Ilinás, 2002).

Durante o processo de readaptação funcional o cérebro busca construir novos modelos internos de dinâmica que possibilitem a execução da tarefa sob diferentes condições biomecânicas e neurofisiológicas (Kawato, 1999). A adaptação motora é um campo de estudo que intriga profissionais de diversas áreas (Tani et al. 2014). Os modelos utilizados nas teorias de aprendizado motor têm como base o conceito de equilíbrio baseado no mecanismo de feedback negativo, que explica o processo até a estabilidade ou automatização (Adams 1971; Newell 1991). Apesar de tentarem explicar o processo de aprendizado motor essas teorias não esclarecem como determinada função alcança diferentes níveis de variabilidade e complexidade (Tani et al. 2014).

Além da variabilidade nas condições neurológicas, a variabilidade entre

indivíduos é também um fator importante na análise (Schlang et al., 1994). As estratégias de movimento são individuais e, após a sua consolidação, estas são esterotipadas para cada indivíduo. Desta forma, são necessárias novas abordagens de avaliação que sejam capazes de caracterizar as estratégias individuais de movimento e de aprendizado.

Uma nova abordagem de aprendizado motor de não-equilíbrio tem sido proposta, na qual o ser humano é considerado um sistema aberto que interage com o ambiente, trocando matéria, energia e informação para atingir novos patamares de organização e maior complexidade (Thelen et al. 1996). Desta forma, o aprendizado não se estabiliza simplesmente, mas se organiza para atingir um nível maior de complexidade a cada perturbação no sistema, produzindo ciclos de instabilidade-estabilidade-instabilidade (Tani et al. 2014).

A avaliação clínica da função motora em reabilitação é usualmente feita através do uso de testes funcionais como o Teste de Fügl-Meyer (Gladstone, Danells, e Black 2002), o Teste da Função Motora de Wolf (Morris et al. 2001) e outros. Apesar de abordarem questões importantes, estes testes revelam informações subjetivas sobre a capacidade funcional dos indivíduos. Desta forma, o desenvolvimento de novas ferramentas de avaliação que sejam capazes de indicar quantitativamente a estabilização e a adaptação motora a novas tarefas pode auxiliar de forma relevante o processo educacional (o que pode vir a ser um caminho para a utilização da dança em processos de reabilitação, bem como de melhora de qualidade de vida em idosos, pessoas com doenças crônicas, deficiências, ou necessidades educacionais especiais).

A partir desta avaliação quantitativa é possível utilizar um protocolo de avaliação sensório-motora capaz de caracterizar o estado de adaptação motora para qualquer tarefa de determinado indivíduo e conseqüentemente indicando se houve estabilização e o tempo provável em que a adaptação motora acontecerá.

Protocolos possíveis

Segundo a Resolução n. 466 de 2012 do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde (Brasil, 2012), que aprova as seguintes diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, um

protocolo de pesquisa envolvendo seres humanos é composto pelo conjunto de documentos que descrevem a pesquisa em sua totalidade, possuem todas as informações necessárias para os participantes, assim como todas as informações dos pesquisadores. Um dos itens mais importantes deste conjunto de documentos é o projeto de pesquisa, que descreve detalhadamente a metodologia e os instrumentos utilizados para a coleta de dados.

O desafio deste trabalho é a elaboração de uma metodologia que possa avaliar a aprendizagem motora em dança com diferentes instrumentos de coleta, de forma a estabelecer uma relação direta com o pensamento de dança que consta nos Projetos Pedagógicos dos cursos presenciais de graduação em Dança desta instituição (Bacharelado, diurno, e Licenciatura, diurno e noturno) e sua efetivação no cotidiano das aulas nos componentes curriculares.

Conforme indicado no Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Dança (Noturno) atualmente vigente, a Escola de Dança estabeleceu em 2001 o marco zero de uma proposta piloto aplicada aos alunos ingressos, formalizando assim o início de uma experiência de ensino-aprendizagem de caráter transdisciplinar, ponto de partida de ampla reforma curricular a partir dos novos paradigmas educacionais.

Com a compreensão da transdisciplinaridade intrínseca ao currículo dos cursos de graduação presenciais da Escola de Dança da UFBA, e a estética contemporânea atrelada à uma perspectiva pós-moderna da dança, compreendemos a importância da análise dos estudantes a partir de técnicas de improvisação em dança, partindo das noções de *Contact Improvisation* de Steve Paxton, a variabilidade coreográfica de Merce Cunningham, a análise de movimento de Rudolf Von Laban e a Técnica de Klauss Vianna.

A escolha pela improvisação em dança se dá pela compreensão de que estas técnicas tiveram em sua proposição a compreensão de um dançarino com sistema nervoso em constante remodelação, elaborando procedimentos que faziam emergir diferentes estruturas complexas a partir de determinados graus de liberdade que propõem ao sujeito uma alteração do seu próprio padrão de movimento a partir do reconhecimento deste na vivência prática (Suquet, 2008).

Para a análise dos indivíduos, serão selecionadas as mesmas variáveis biomecânicas para posterior comparação entre os protocolos. Serão utilizadas as variáveis convencionais de biomecânica: velocidade máxima, ângulos

anatômicos, trajetória, variabilidade, além de propriedades advindas de sistemas complexos: quantidade de subelementos de movimento, expoente de scaling da energia e velocidade.

Todas as variáveis medidas estarão relacionadas a protocolos de medidas biomecânicas/ações básicas de movimento como equilíbrio, marcha e levantar e sentar. Tanto as variáveis quanto a sequência dos protocolos serão definidos com base na literatura e na experiência dos profissionais envolvidos com os sujeitos da pesquisa. Os protocolos serão avaliados segundo os critérios de viabilidade, custo e precisão das medidas, gerando um relatório detalhado comparando-os.

Serão três instrumentos utilizados para a coleta: Equipamento para captura de movimento - MOCAP, CvMob e Sensor Inercial. Os dois primeiros realizam a análise do movimento através da captura por vídeo, sendo o MOCAP em 3D e o CvMob em 2D.

Então, para este estudo, serão selecionados movimentos específicos para cada instrumento de avaliação, levando em conta suas vantagens e desvantagens. Os indivíduos serão alocados em um dos três grupos de coleta: MOCAP, CvMob e Sensor Inercial, e deverão ser analisados pelo mesmo dispositivo na reavaliação. A avaliação aplicada será pareada, ou seja, a comparação será feita antes e depois com o mesmo indivíduo. A construção dessa metodologia é de extrema importância porque ela deve representar ao máximo os elementos/movimentos de dança, e ao mesmo tempo sofrerem o mínimo com as desvantagens de cada equipamento de análise.

Atrelado a estes aspectos, serão desenvolvidos questionários para aplicação com os sujeitos da pesquisa, os estudantes e os docentes específicos de componentes curriculares que versam diretamente sobre os aspectos do movimento para a dança.

A seguir abordamos alguns aspectos específicos sobre os equipamentos utilizados nesta pesquisa.

MOCAP

Segundo Kitagawa (2008 apud Prim; Vieira; Goncalves; 2015, p. 24) O *Motion Capture* (MoCap) “[...] é a captura e gravação dos movimentos de

humanos, animais e objetos inanimados em formato de dados tridimensionais”, um método que pode ser executado através de um conjunto de equipamentos tecnológicos por meio de representações dentro do ambiente virtual tridimensional.

Entre os pioneiros do sistema MoCap estão as tecnologias criadas entre os séculos XIX e XX, o zoopraxiscópio, inventado por Muybridge, a câmera cronofotográfica e o esfigomógrafo, inventado por Etienne-Jules Marey, e o rotoscópio criado por Max Felischer. O sistema tem como características resultados precisos quanto ao registro do movimento, o que torna possível analisar os micros movimentos do corpo humano e promove inúmeras possibilidades de utilização,

[...]as pesquisas mais específicas com a tecnologia Mocap começaram com finalidade médica e para aplicações militares nos anos 70, mas o seu grande “boom” foi a partir da década de 80 quando a indústria da computação gráfica e do cinema a descobriu em seus efeitos e possibilidades (Pimentel, 2013, p.8).

Entretanto, o seu nível de complexidade e precisão requer um aparato tecnológico de alto custo, e, por este motivo, o material geralmente é encontrado em grandes empresas ou universidades.

O equipamento tecnológico utilizado neste trabalho, da marca OptiTrack, foi adquirido pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), através do Programa de Pós-graduação em Dança (PPGDança) e é constituído por câmeras, microcomputadores e *softwares*. A ferramenta está localizada na Escola de Dança da UFBA e é coordenada pelo PPGDança.

O aparato tecnológico existente hoje na UFBA, trata-se de um sistema óptico, constituído por dezoito câmeras com infravermelho, modelo Flex 13, sensíveis à luz e a objetos reflexíveis, sendo capazes de registrar a uma taxa de amostragem de cento e vinte frames por segundo (120 FPS). Além disso, todas elas possuem a conexão USB 2.0 com taxas de transferências de dados suficientes para uma sincronização em tempo real, com um atraso de 8,33 milissegundos entre o movimento original (*input*) e o registrado (*output*).

Para realizar a sincronização entre as câmeras e a captura do sistema MoCap é utilizado o *software* Motive, através de um notebook com processador

i3 terceira geração, com placa gráfica 720M, 8 GB de memória RAM e *Windows Seven*.

No método utilizado é indispensável a co-dependência das ações feitas entre os equipamentos, e para isso acontecer é necessário a utilização dos seguintes acessórios: marcadores reflexíveis (*Marker*), macacões pretos (*Suits*), *Switch* (Modelo *eSync*) baseado em *Ethernet*, calibrador Wand CW-500 e o calibrador CS 200.

Os marcadores reflexivos são esferas reflexivas à luz que podem ser percebidas pelos sensores das câmeras, como explica a professora Pimentel (2013, p.9), “As câmeras no sistema passivo são equipadas de emissores de luz diódicas, os famosos LEDs, e são as luzes emitidas pelos LEDs que são refletidas nos marcadores corporais, e que finalmente são capturados pela câmera.”. Estes marcadores são fixados através de velcros numa roupa especial, configurada como um casaco, calças compridas, luvas, capacete e sapatos, com ausência de materiais reflexivos, e ajuste ideal ao corpo.

Os demais componentes deste equipamento são:

O *Switch* - equipamento responsável por sincronizar, alimentar as câmeras e transportar os dados das câmeras para o computador.

O calibrador Wand CW-500 - um bastão em forma de “T” com a largura de 500 mm no seu topo e constituído por três marcadores reflexíveis. Cujas função é mapear a área a ser capturada e, após movimentá-lo sistematicamente em torno do espaço, é possível obter através de cálculos um campo virtual, que delimita a região onde os dados serão interpretados no *software Motive*.

O CS 200 - também constituído de três marcadores reflexíveis, um nível (instrumento que possibilita a percepção da inclinação do solo) e a estrutura base que se assemelha a letra “L”. Tem a função de demarcar o solo virtual através do solo real e define o sistema de coordenadas por meio de três eixos, x, y e z dentro do *Motive*.

A composição deste sistema requer um ambiente específico para que todo o procedimento tenha êxito, e isso foi determinado a partir do tipo de *hardware* adquirido. É requisito indispensável para este equipamento funcionar de modo esperado, que o ambiente de estudo esteja totalmente vedado de luz solar e outros materiais reflexivos.

O laboratório dispõe de um espaço que mede aproximadamente dez metros quadrados, com paredes e solo (linóleo) de cor preta, um ar-condicionado, um ventilador e um televisor de cinquenta polegadas para projeção do que é realizado no computador, o que permite maior visibilidade da área de trabalho virtual.

A complexidade do MoCap exige estudos e longo período de testes para se apropriar do seu sistema, e esse é um dos desafios enfrentados. Apesar da capacitação de captura de movimento de quarenta horas oferecidas pela OptiTrack, que vem conjuntamente na compra do equipamento, não foi suficiente para solucionar os problemas que apareceram durante a pesquisa. Entre os problemas estão a captura de movimentos complexos da improvisação em dança e a pós-produção da captura (tratamento dos dados).

Considerando a análise do aprendizado motor em dança como objetivo primeiro da pesquisa, a captura de movimentos complexos, via MoCap, se tornou um problema a ser investigado. Nos testes houve perdas significativas de dados capturados em movimentos feitos no nível baixo, como rolamentos e posicionamento em decúbito dorsal, por exemplo, o que pode afetar nas análises futuras dos movimentos registrados, consequentemente nos oferecendo resultados imprecisos.

Descobrimos que a perda de dados vem da obstrução dos marcadores diante das câmeras, quando uma pessoa se deita, por exemplo, existem marcadores fixados na região posterior do tronco que são obstruídos, assim perdemos detalhes importantes dos dados. Quando acontece uma perda de dados de regiões como o tronco, afeta drasticamente a análise de todo movimento.

Pretendemos não limitar a cinesfera corporal e nem os níveis nos quais o movimento pode acontecer, pois eles fornecem dados significativos sobre o corpo e sua relação com o ambiente, porém o deslocamento será limitado devido ao tamanho da sala e o campo de captura.

Na pós-produção, que acontece após coleta de dados e nos deixa um registro do movimento em um esqueleto virtual, existe a possibilidade da reconstrução do movimento, a partir de métodos de cálculos matemáticos internos do *software Motive*. Foram testados alguns dos métodos de interpolação e foi encontrado o “*pattern-based*”, que se usado corretamente colabora com o

trabalho de recuperação de dados sem comprometer o registro do movimento original, trata-se de cálculo baseado no padrão de movimento do indivíduo. Porém quando há muitas perdas de marcadores não é recomendável fazê-lo, pois podemos nos distanciar facilmente do movimento real, neste caso, quando há muitas perdas de dados a solução adequada, por enquanto, é refazer a captura.

CVMob

Trata-se de um medidor de parâmetros mecânicos do movimento (trajetória, velocidade, aceleração), com base em algoritmos de visão computacional aplicados a vídeo de objetos, pessoas ou animais em movimento. O instrumento necessário consiste numa câmera digital e o programa livre desenvolvido, o CVMob (disponível em www.cvmob.ufba.br). As especificações mínimas da câmera dependerão da velocidade com que ocorre o evento que se queira estudar.

O CVMob é um software livre que utiliza técnicas de visão computacional com análise do fluxo de pixels em vídeos para localização e acompanhamento de padrões de imagens. O CVMob foi desenvolvido no Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia em linguagem C++, utilizando framework QT4 e a biblioteca de visão computacional OpenCV. Um experimento de validação foi realizado para identificar os limites de medidas do instrumento e pode ser generalizado para qualquer situação em que se utilize técnicas de visão computacional com base de medida.

Esse equipamento, para a análise específica em dança, tem suas vantagens e desvantagens. Sua vantagem está diretamente vinculada ao fato de ser um software gratuito e disponível para uso na internet. Sua limitação para dança é porque se trata de um software que analisa o movimento em apenas duas dimensões, ou seja, precisamos elaborar uma estratégia de improvisação em dança levando em consideração prioritariamente apenas dois planos para análise, o que é um desafio, já que todos os planos estão envolvidos em todos os movimentos. Devido a isso teríamos "pontos cegos" de análises de movimento.

Este equipamento, entretanto, tem possibilidades bastante interessante no que tange a análise de movimentos cotidianos, nos permitindo verificar de forma bastante eficaz e com dados precisos as alterações que a aprendizagem motora em dança realiza (e se de fato realiza) em movimentos realizados no dia-a-dia dos sujeitos, como andar, sentar, levantar, saltar e equilibrar-se.

Sensor Inercial – Dispositivos Vestíveis

Os sensores inerciais medem variáveis de sistemas inertes até que uma força aja sobre eles, baseados na Lei de Inércia de Isaac Newton (Torres, 2014), e possuem a vantagem de utilizar um referencial de orientação diferente da do próprio sensor. Ou seja, ao realizar um movimento, os dados podem estar alinhados com o Norte/Sul da Terra, e não mais com os eixos x, y e z do dispositivo (Kok, 2017). Para realizar esta mudança do referencial, é necessário que haja uma combinação dos dados de três sensores: acelerômetro, giroscópio e magnetômetro. A fusão destes sensores ocorre através da utilização de quaternion, um método matemático que busca diminuir os ruídos e interferências, permitindo uma análise do movimento mais próxima do real (MADGWICK, 2011).

Neste trabalho, será utilizado um Dispositivo Vestível de baixo custo capaz de analisar o movimento em três dimensões (3D) através de sensores inerciais, composto por uma placa da Adafruit com o *chip* BNO055 embarcado, um cartão de memória para armazenamento dos dados, uma bateria Li-ion para alimentação do instrumento e um microcontrolador Arduino Nano, responsável pelo funcionamento e gerenciamento do sistema.

A coleta de dados seguirá a seguinte ordem: 1) acionamento do sistema através de um botão; 2) calibração dos sensores do sistema, através de movimentos em formato do número oito; 3) fixação do dispositivo no corpo do participante da pesquisa; 4) realização do movimento determinado na metodologia; 5) encerramento do sistema através de um botão; 6) retirada do cartão de memória e transferência dos dados para um computador; 7) análise dos dados.

O equipamento possui ainda uma luz de identificação de funcionamento (ON/OFF) na cor verde e outra de indicação de calibração na cor laranja.

Um acelerômetro, tendo a capacidade de medir a aceleração de um corpo, pode ser utilizado como um dispositivo vestível. Segundo Fernandes (2017) “o termo ‘computação vestível’ ou ‘tecnologia vestível’ se refere a uma nova abordagem de computação, redefinindo a interação humano-computador, onde os gadgets estão diretamente conectados com usuário”, o que significa que o instrumento está no corpo que dança. O equipamento pode contribuir à medida que fornece dados de aceleração em determinado deslocamento, o que pode se relacionar com qualidade de movimento, impulso, consciência corporal etc. Se temos uma aceleração média conhecida para a execução de um movimento x, podemos intuir algo sobre dados de execução de movimentos muito acima ou muito abaixo dessa média. Obtendo esse tipo de dados, é possível cruzar suas possibilidades com os dados obtidos com o CVMob e o MoCap, potencializando a análise sobre os corpos dos estudantes da Escola de Dança da UFBA, lócus da pesquisa.

Uma das vantagens do Dispositivo Vestível é a mobilidade do equipamento, permitindo a sua utilização em um ambiente aberto, já que não há a necessidade de uma estrutura fixa, como ocorre com os instrumentos que analisam o movimento através de imagens em vídeo. Outra vantagem é a não preocupação com perdas de pontos, como ocorre com estes sistemas, caso o movimento realizado “cubra” e “esconda” os marcadores das câmeras.

Como desvantagem temos o ruído aleatório que interfere na precisão dos dados do acelerômetro, sendo necessário um equipamento que realize métodos de fusão de sensores, como por exemplo, o BNO055.

Considerações finais

A elaboração de protocolos específicos para verificação da aprendizagem motora especificamente em dança, a partir dos pressupostos de estéticas predominante pós-modernas e transdisciplinares como as perspectivas do Projeto Pedagógico dos Cursos Presenciais da Escola de Dança da UFBA, configuram-se um interessante desafio, que nos permite investigar de forma Multi-Inter-Transdisciplinar aspectos multirreferenciais da realização e da análise do movimento. As possibilidades resultantes desta investigação aqui proposta podem vir a contribuir de forma substancial para não somente a dança e demais

artes que tenham o movimento como parte integrante de suas poéticas, mas também as demais áreas de estudo do movimento, fazendo emergir numa pesquisa quanti-qualitativa entrelaçamentos e projeções futuras de colaborações.

Referências

Adams, JA. A Closed-Loop Theory of Motor Learning. In.: **Journal of Motor Behavior** 3 (2): 111–49. 1971.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012.** Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.htm> Acesso em: 9 nov. 2018.

FERNANDES, F. Uma estratégia para suportar Interação Humano-Computador de Crianças com Deficiência nos Membros Superiores por meio de Dispositivo Vestível. (p. 24-31). **Journal on Advances in Theoretical and Applied Informatics**. V.3. N.2. 2017.

Fisher BE, Sullivan KJ. Activity-dependent factors affecting poststroke functional outcomes. In.: **Top Stroke Rehabil**. 2001; 8:31- 44

Gentile, A. M. A Working Model of Skill Acquisition with Application to Teaching. In.: **Quest** 17 (1): 3– 23. 1972. doi:10.1080/00336297.1972.10519717.

Gladstone, D. J., C. J. Danells, and S. E. Black. The Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery after Stroke: A Critical Review of Its Measurement Properties. In.: **Neurorehabilitation and Neural Repair** 16 (3): 232–40. 2002. doi:10.1177/154596802401105171.

Kawato, M. Internal models for motor control and trajectory planning. In.: **Neuroreport**, 9, 718– 727(1999)

KOK, M.; HOL, J. D.; SCHON, T. B. Using Inertial Sensors for Position and Orientation Estimation. In: **Foundations and Trends in Signal Processing**: Vol. 11: No. 1-2, pp 1-153, 2017.

Morris, David M., Gitendra Uswatte, Jean E. Crago, Edwin W. Cook, and Edward Taub. The Reliability of the Wolf Motor Function Test for Assessing Upper Extremity Function after Stroke. In.: **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation** 82 (6): 750–55. 2001. doi:10.1053/apmr.2001.23183.

OptiTrack Documentation Wiki. Disponível em: <https://v21.wiki.optitrack.com/index.php?title=OptiTrack_Documentation_Wiki> . Acesso em: 11 nov. 2018.

PIMENTEL, L. C. M. Tecnologias Motion Tracking e Motion Capture: Poéticas e Cibernéticas. In: **12#Encontro Internacional de Arte e Tecnologia**, UnB, 2013, Brasília. Anais do 12#Encontro Internacional de Arte e Tecnologia, UnB. Brasília: UnB, 2013.

PRIM, G. S.; VIEIRA, M. L. H.; GONCALVES, B. S.. A representação do corpo e do movimento: uma análise da interatividade do motion capture. In.: **Revista Design & Tecnologia**, p. 23-28, 2015.

PRIM, G. S.. **Modelo de análise de equilíbrio utilizando sistema de captura de movimentos**. 2016. 114f. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

Shadmehr R, Hwang EJ. Internal models of limb dynamics and the encoding of limb state. In.: **J Neural Eng**. 2005 Sep; 2(3):S266-78.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. **Controle Motor: Teorias e Aplicações práticas**. tradução de Martha Cecily Blauth Chaim. 3.ed. Barueri, SP: Manole, 2010.

SUQUET, A. Corpos Dançantes. In.: CORBIN, A. et al. **História do Corpo: as mutações do olhar – o século XX**. Rio de Janeiro: Vozes, 2008. p. 509-540.

TANI, G.; CORRÊA, U. C.; BASSO, L.; BENDA, R. N.; UGRINOWITSCH, H. An Adaptive Process Model of Motor Learning: Insights for the Teaching of Motor Skills. In.: **Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences** 18 (1): 47–65. 2014.

Thelen E, Corbetta D, Spencer JP. Development of reaching during the first year: role of movement speed. *J Exp Psychol*.22(5):1059-76. 1996.

TORRES, H. **MEMS: Sistemas Microeletromecânicos**. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/mems/>. Acesso em: 07 nov. 2018

_____. **Sensores Inerciais - Parte 1**. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/mems/>. Acesso em: 07 nov. 2018

_____. **Sensores Inerciais - Parte 2**. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/mems/>. Acesso em: 07 nov. 2018

WILLIAMS, A.M; DAVIDS, K; WILLIAMS, J.G. **Visual perception and action in sport**. London: E & FN SPON; 1999.