

## TECNOLOGIA DIGITAL MODERNA COMO FERRAMENTA DA BIOMECÂNICA NO TREINAMENTO DA ESGRIMA

Augusto Siqueira Neto(IC) e Sônia Cavalcanti Corrêa(Orientadora)

Apoio: PIVIC Mackenzie

### Resumo

O presente estudo teve como objetivo implementar o uso de novas tecnologias no esporte de alto rendimento, em específico de combate, sendo o principal a esgrima, utilizando as tecnologias de Eye Tracking, Sistema Inercial e Sistema Optoeletrônico. Com esses sistemas foi possível realizar estudos preliminares de variáveis biomecânicas como ângulos e velocidades angulares articulares, sistemas inercial e opticoeletrônico, e a cerca do movimento da retina dos olhos na situação de treinamento com oponente. Com o sistema Eye Tracking, delimitou-se 3 áreas de interesse para estudo, sendo tronco, face e braço armado, para identificar se há diferença entre o foco de destros e sinistros. Com o sistema optoeletrônico estudou-se os ângulos e velocidades angulares do tornozelo, joelho, quadril, ombro, cotovelo e punho durante a realização do afundo em três situações: partindo da base de guarda sem alvo, partindo da base de guarda com alvo e em situação de combate. Houve variação nas tentativas sem alvo e com alvo, pois o alvo permite a avaliação de parâmetros de distância para o que o atleta possa medir a velocidade a ser aplicada, o que interfere nos valores angulares devido a transferência de velocidade. Com o Eye Tracking foi possível constatar a influência de técnicos e treinamentos anteriores. Propõe-se que esse projeto sirva como base para futuras análises, uma vez que a metodologia aplicada obteve sucesso, para que seja possível realizar estudos mais aprofundados a cerca do assunto.

**Palavras-chave:** Esgrima; EyeTracking; Sistema Optoeletrônico

### Abstract

This study aimed to implement the usage of new technologies, namely Eye Tracking and an Inertial Motion capture system, in high performance sport, specifically in fencing. With these systems it was possible to perform biomechanical analyses of kinematic variables such as joint angle and joint angular velocities, by analyzing angles, and the retina movement during athletic practices. With the Eye Tracking system we studied the eye focus in three areas of interest: the trunk, face and armed arm, in order to identify if there were differences between left and right handed athletes in their main area of focus. With the optoelectronic system we studied the ankle, knee, hip, shoulder, elbow and wrist joint displacement and velocity while performing the lunge in three situations: from the untargeted guard base, leaving the target with guard base and combat situation. There was variation in attempts without target and target as the target allows the assessment of parameters of distance to which the athlete can measure the

speed to be applied, which interferes with the angular values because of transfer speed. With Eye Tracking was possible to see the influence of technical and previous training. It is proposed that this project will serve as a basis for future analysis, since the applied methodology was successful, so you can carry out further studies about the subject.

**Keywords:** Fencing, Eye Tracking, Inertial Motion

## INTRODUÇÃO

A esgrima vem evoluindo junto com a arte do manejo de armas e dos combates até se tornar o esporte que hoje é praticado por pessoas de quaisquer faixas etárias e ambos os sexos (DEL'VECCHIO; FRANQUINI, 2006 *apud* FERNANDES *et al.*, 2011).

A esgrima é uma arte marcial em que duas pessoas se enfrentam utilizando uma arma que pode ser espada, florete ou sabre. Três aspectos são cruciais para a prática desta modalidade: saber se colocar, saber se deslocar e saber jogar (MIAKOTNYKH, 2009 *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2007).

No primeiro aspecto, saber se colocar, destaca-se a necessidade de um bom posicionamento “em guarda”. A posição adotada deve responder a muitas demandas, das quais a mais importante é o equilíbrio. O segundo aspecto abordado relaciona-se ao fato de saber se deslocar e esse é um dos pontos essenciais desse esporte: o deslocamento sobre a pista permite completar e explorar a observação, aproximar-se ou distanciar-se do adversário que dá indicações de suas intenções. O terceiro aspecto envolve o saber jogar, mais especificamente a técnica.

O terceiro aspecto, área de atuação do Educador Físico, seja através de treinamento, preparação física ou através da realização de estudos e pesquisas para auxiliar na melhora da performance dos atletas. A Biomecânica a partir de seus equipamentos de tecnologia digital moderna pode contribuir com a esgrima através de estudos como o de Corrêa *et al.* (2015), que verificaram variáveis cinemáticas da parte superior do corpo e do centro de massa que levam a um bom desempenho a partir da visão do técnico durante o afundo, com e sem alvo. Percebendo que a presença do alvo induz o atleta a realizar uma estratégia de movimento diferente.

O presente projeto faz parte de um projeto maior (CNPQ processo: 487420/2013-6 da Linha 3 - Esporte de Alto Rendimento) aprovado pelo Laboratório de Ergonomia da Divisão de Desenho Industrial do Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro (INT-RJ) em parceria com o Laboratório de Ciências do Estudo do Movimento (LaCEM) da Universidade Presbiteriana Mackenzie através do vínculo com a Professora Doutora Sônia Cavalcanti Corrêa intitulado “Desenvolvimento de uma plataforma digital interativa 3D que facilite a integração atleta e treinamento em esportes de combate” que visa desenvolver um sistema 3D interativo para formação e auxílio à formação e ao treinamento aplicado aos esporte de combate, tendo como base as plataformas de jogos.

A partir disso, este estudo possui os seguintes objetivos:

Implementar a utilização de tecnologias digitais modernas, EyeTracking, Sistema Inercial, Sistema Optoeletrônico, como ferramentas da Biomecânica para a análise de movimentos de esportes de combate, como os movimentos da esgrima.

Realizar estudo preliminar do movimento da retina dos olhos na situação de treinamento com oponente.

Realizar estudo preliminar das variáveis biomecânicas através da análise de ângulos e velocidades angulares do tornozelo, joelho, quadril, ombro, cotovelo e punho durante a realização do afundo partindo da base de guarda sem alvo, partindo da base de guarda com alvo e em situação de combate.

## **REFERÊNCIAL TEÓRICO**

### **A modalidade esgrima**

A esgrima é uma das artes marciais mais antigas criadas pelos ocidentais, porém existem poucos estudos acerca deste esporte. Considerando este aspecto foram desenvolvidos alguns estudos para diferentes situações que envolvem esta modalidade, dentre estes estudos podemos destacar que alguns merecem um foco maior até por sua grande necessidade. Neste aspecto podemos considerar que a esgrima é uma arte marcial em que são fundamentais para seu pleno exercício ter conhecimento de como proceder em algumas situações, dentre elas, possuir boa colocação, deslocar-se com destreza e ter conhecimento do jogo em si. (FABRIZZIO *et al.*, 2009).

No primeiro fato, possuir boa colocação, está relacionado à necessidade de estar em posição de “guarda”, como é chamado pelos esgrimistas, para que este posicionamento ocorra com êxito é fundamental estar em bom nível de equilíbrio dinâmico. No segundo aspecto citado, destaca-se o fato de possuir um bom deslocamento no plano do jogo em questão, este pode ser considerado um dos pontos principais para a prática. O deslocamento permite ao atleta utilizar melhor a sua capacidade técnica, permite também que ele antevêja a jogada do adversário através das indicações que o adversário realiza através de seus movimentos. O terceiro ponto em relação ao conhecimento do jogo em si, envolve o conhecimento e a prática da técnica específica da esgrima, como reagir em diversas situações que o jogo coloca. (FABRIZZIO *et al.*, 2009).

A modalidade exige reações rápidas, que são planejadas com base na análise espacial e temporal da arma e o adversário. Assim, as ações ofensivas e contra-ofensivas exigem

grande atenção visual. O esgrimista defensivo e ofensivo desempenho pode ser melhorado através da identificação de quais as informações visuais são mais relevantes para prever o movimento da arma e adversário.

Em esgrima técnica é extremamente importante, isto é velocidade combinada com grande precisão (ARUS, 2013). Conquanto, o mesmo autor enfatize que a técnica na esgrima está fundamentalmente ligada a soluções táticas, mais do que em qualquer outro esporte. De acordo com Roi e Bianchedi (2008) é difícil identificar uma relação entre uma característica física e a execução do ato motor, sendo esta mais influenciada por características de percepção e neuro-fisiológicas. No entanto afirmam que a análise de diferentes estilos na esgrima podem diferenciar esgrimistas avançados e iniciantes.

Uma das técnicas é denominada como afundo que é a forma de tocar o adversário rapidamente tentando surpreender o oponente, neste movimento uma perna é lançada para frente simultaneamente com o braço armado, a outra perna e o braço fazem o movimento inverso.

Para Polanco *et al.* (2014) o afundo é um tipo de deslocamento a partir da posição de guarda que consiste em dar um passo largo executando com um pé adiantado. A outra perna é estendida. O propósito é obter o maior alcance, para rapidamente tocar o oponente. Existem três fases de execução do movimento afundo: Projeção da perna para frente na posição de guarda, este tem como objetivo buscar maior amplitude do movimento; Extensão completa da perna que está atrás, este movimento se inicia quando o pé dianteiro se desloca para frente, assim ocorre à extensão da perna que está atrás; por fim, a caída que a finalização do movimento afundo. (POLANCO *et al.*, 2014).

O objetivo da técnica do afundo partindo da posição de guarda é aumentar o alcance do atleta que está efetuando o ataque. Para se executar esta técnica é necessário realizar uma extensão horizontal do braço armado.

O corpo é impulsionado pela ação dos músculos extensores da perna que fixam o movimento de extensão do joelho impulsionando a perna. A perna dianteira avança por ação do impulso da perna de trás, a ponta do pé que está à frente se levanta quase que de forma imperceptível permitindo o apoio do calcanhar na pisada do pé. As pernas atuam simultaneamente durante o impulso procurando manter a direção da marcha e do ataque em questão. O braço que está posicionado atrás deve se manter entendido para aumentar a capacidade de extensão e estabilidade do corpo. Esta técnica deverá ser executada com um gesto moderado de extensão, pois, caso contrário, a dificuldade de retorno para a posição de guarda e manter a estabilidade do corpo será maior. (GONZALEZ *et al.*, 2008).

A perna que se mantém a frente deve estar perpendicularmente ao solo, ao passo que a perna de trás deve permanecer estendida, apoiando a planta do pé no solo. Dentre os membros superiores destacam-se a posição dos braços, fundamental para o sucesso do movimento. O braço de trás se mantém paralelamente a perna do mesmo lado. A palma da mão deve estar voltada para dentro, mantendo os dedos estendidos e unidos. O corpo permanece ligeiramente inclinado à frente, fazendo com que os ombros estejam perpendiculares ao solo.

### **Biomecânica da esgrima**

Embora a Esgrima seja considerada uma das artes marciais mais antigas do Ocidente, poucos estudos foram desenvolvidos junto a esta modalidade. Segundo Correia e Franchini (2010) é evidente a importância de se produzir conhecimento específico para dar suporte na elaboração dos saberes na prática de ensino das artes marciais, pois existe uma carência de publicações sobre o assunto especialmente as de caráter aplicado. De 2561 artigos analisados somente 2,93% tratavam de Lutas/Artes Marciais/Modalidades Esportivas de Combate.

Na tentativa de compreender melhor e auxiliar no aprimoramento técnico e de equipamentos deste fenômeno, alguns estudos foram desenvolvidos sob diferentes enfoques. Em uma revisão de literatura dos métodos biomecânicos aplicados às artes marciais Fernandes *et al.* (2011) relataram o uso de transdutores de força, de aceleração, cinemetria, eletromiografia, de acordo com a variável medida, não havendo nem uma variável de medida mais constante, nem método mais utilizado. Mas ressaltaram que a grande maioria dos estudos eram descritivos, não estando diretamente relacionados ao aprimoramento de técnicas.

Em relação ao Controle Motor, um estudo de Borysiuk (2008) investigou o tempo de reação (TR), tempo de movimento (TM) e sinal eletromiográfico (EMG) durante os estímulos tátil, acústico e visual. Dois grupos de indivíduos participaram do estudo: um grupo composto por esgrimistas avançados outro por esgrimistas novatos. Os resultados indicaram que os esgrimistas responderam mais rapidamente ao estímulo tátil e, em seguida, ao estímulo acústico, e de maneira mais lenta ao estímulo visual.

Os esgrimistas avançados exibiram valores mais baixos de TR, TM e sinal EMG, em comparação aos esgrimistas novatos. Ambos os grupos exibiram um decréscimo no valor do sinal EMG durante as tentativas de estímulos tátil, acústico e visual. Uma pequena coincidência das curvas do sinal EMG também foi observada no teste de estímulo visual. Os autores concluíram que a percepção visual reduz a tensão muscular nos esgrimistas novatos.

Na literatura são encontradas descrições da força aplicada ao solo em alguns movimentos na esgrima e os choques articulares resultantes (FABRIZIO *et al.*, 2009; SINCLAIR *et al.*, 2010; TRAUTMANN *et al.*, 2011; GREENHALGH *et al.*, 2013); também são encontrados estudos sobre eletromiografia (FIEL *et al.*, 2008; SUCHANOWSKI *et al.*, 2011; CASTRO, 2012; XAVIER, 2014, SANTOS, 2015; CASTRO *et al.*, 2015); e sobre padrão de movimento (DOURADO *et al.*, 2009; MARTINEZ DE QUEL *et al.*, 2011, RATHSANet *et al.*, 2011).

De acordo com Roi e Bianchedi (2008) num artigo de revisão com relação à Biomecânica relatam que o ângulo ótimo do punho para gerar melhor *performance* e menor possibilidade de lesão é de 18° a 21°, que a energia potencial é constante para os mais habilidosos e máxima nos iniciantes e que os mais habilidosos com menor potência são mais velozes ao alcançar o alvo.

### **Eye Tracking**

O combate da esgrima, em primeiro lugar, exige um foco em alvos múltiplos, tais como a guarda do adversário, a mão armada do oponente, a própria arma (ponta e copo) e, em segundo lugar a necessidade de contra-ataque, especialmente quando o oponente revela informações do que ele pretende e do ataque que pretende executar. Esta capacidade implica em reações e estratégias baseadas na visão, levando a uma redução no tempo disponível.

Segundo Ariel (2012) o sentido visual desempenha um papel importante na atividade física, estima-se que ele fornece aos atletas cerca de 80% da entrada sensorial que ocorre durante a prática, em específico nas atividades que exijam mais dos sentidos perceptivos. Os sentidos de percepção são as habilidades visuais que fornecem aos atletas informações rápidas e precisas, consideradas os primeiros passos no processamento de informações.

Quanto mais incompletas ou confusas, as informações são, menor a resposta esperada do atleta. Na modalidade, o nível de habilidade de cada indivíduo depende de muitas variáveis, sendo a visual a mais importante delas, incluindo a precisão e a qualidade da visão.

A esgrima é uma atividade dinâmica balística que exigem tanto a análise da trajetória e a posição espacial da arma com gestão de equilíbrio dinâmico, movendo-se situações de ataques rápidos, forçando os adversários a ajustes constantes espaciais, temporais e situacionais.

O esgrimista deve gerenciar uma restrição dupla, reagindo ao adversário e mantendo o equilíbrio durante as ações ofensivas e contra-ofensivas. Sendo assim, a ação de ataque requer alta atenção visual e a execução da habilidade motora, realizada de forma quase

automática, de acordo com a formação e aprendizagem relacionada. (WILLIAMS; WALMSLEY, 2000; YIOU; DO, 2001).

Portanto, cada uma destas atividades deve ser executada por uma organização sensorial específica. A partir disso, as características dinâmicas da esgrima implicam que a informação visual é mais utilizada no controle de ação, considerando que para o controle de equilíbrio o esgrimista precisa selecionar permanentemente as informações vestibulares e proprioceptivas mais relevantes.

Segundo Waskiewicz (2008) as informações de restreamento do foco são adquiridas de acordo com o ambiente e as variações de velocidade de percepção dos sentidos individuais interferem na eficácia das ações técnicas e táticas. Ter conhecimento acerca dos movimentos do oponente, concentração visual e avaliar a distância em relação ao adversário é crucial, um esgrimista é capaz criar estratégias adequadas ao combate a partir da posição da lâmina de seu adversário, tendo como foco a ponta da arma e o copo.

Esse conjunto de fatores acima citados permitem ao esgrimista reconhecer sinais significativos e rejeitar informações enganosas, como fintas do adversário (WASKIEWICZ, 2008). Estas informações são de extrema importância para o treinamento e desenvolvimento de técnicas da modalidade, pois fornecem ao técnico e ao atleta comentários essenciais que permitem a elaboração de treinamentos e estratégias de mudança de visão focal a visão ambiental e vice-versa, e que desenvolvem a concentração, o que melhora a capacidade de reagir aos gestos iniciais do adversário para que seja possível antecipar suas ações.

## **METODOLOGIA**

De natureza descritiva e quantitativa, o presente estudo faz uso de base numérica para estabelecer padrões para as variáveis sem que haja a manipulação das mesmas através de observação, registro e análise dos fenômenos.

No decorrer da pesquisa foram respeitados todos os aspectos éticos sendo o projeto aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Presbiteriana Mackenzie, número do parecer: 1.248.341. Com isso, para que os indivíduos participassem da pesquisa, inicialmente foi realizada a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) de participação em pesquisa pelos sujeitos e também pelos responsáveis pelo sujeito de pesquisa, momento em que os mesmos foram informados sobre o teor da pesquisa e as dúvidas sanadas.

A população do presente estudo foi composta por atletas de esgrima, de ambos os sexos. Para avaliar o movimento da retina dos olhos, fizeram parte da amostra 6 indivíduos e para a descrição dos parâmetros biomecânicos apenas um indivíduo foi avaliado.

Para as coletas de dados foram utilizados o sistema Tobii-Glasses 2 e o sistema optoeletrônico, ambos de propriedade do Laboratório de Ergonomia da Divisão de Desenho Industrial do INT-RJ. Os equipamentos encontram-se no Laboratório de Ciências do Estudo do Movimento (LaCEM) da Universidade Presbiteriana Mackenzie, Campus Alphaville devido a parceria INT-Mackenzie com o Projeto CNPQ intitulado “Desenvolvimento de uma plataforma digital interativa 3D que facilite a integração atleta e treinamento”.

Os seis atletas realizaram sua seção de treinamento utilizando o *EyeTracking* (Tobii-Glasses 2) (Figura 1) sob as suas máscaras de proteção. Este dispositivo utilizado possui 4 câmeras para monitorar os movimentos das retinas e uma câmera que registra as imagens vistas pelo sujeito, essas imagens são sincronizadas e permitem visualizar o local exato em que o atleta direciona seu olhar durante a realização dos movimentos.

Três áreas principais de interesse (AOI) foram identificados nos vídeos gravados dos atletas, a saber: o braço do oponente armado (braço), tronco (tronco) e face (máscara), e a partir disso, foi calculada a frequência com que os atletas fixavam o olhar em cada AOI. Essas AOI foram sugeridas pelo técnico dos atletas como objetivo de identificar os locais do corpo mais frequentes em que os atletas de esgrima de alto rendimento concentram-se durante a sua prática.

Figura 1 – Sistema Tobii Glasses 2.



O sistema optoeletrônico de captura de imagens é composto por 18 câmeras, sistema Prime 13 (240hz), que coleta as imagens através do programa Motive (Figuras 2 e 3). Para a coleta foi utilizada a técnica do afundo em 3 situações: partindo da base de guarda sem alvo, partindo da base de guarda com alvo e em situação de combate.

Figura 2- Sistema óptico com 18 câmeras Optitrack (Prime 13).

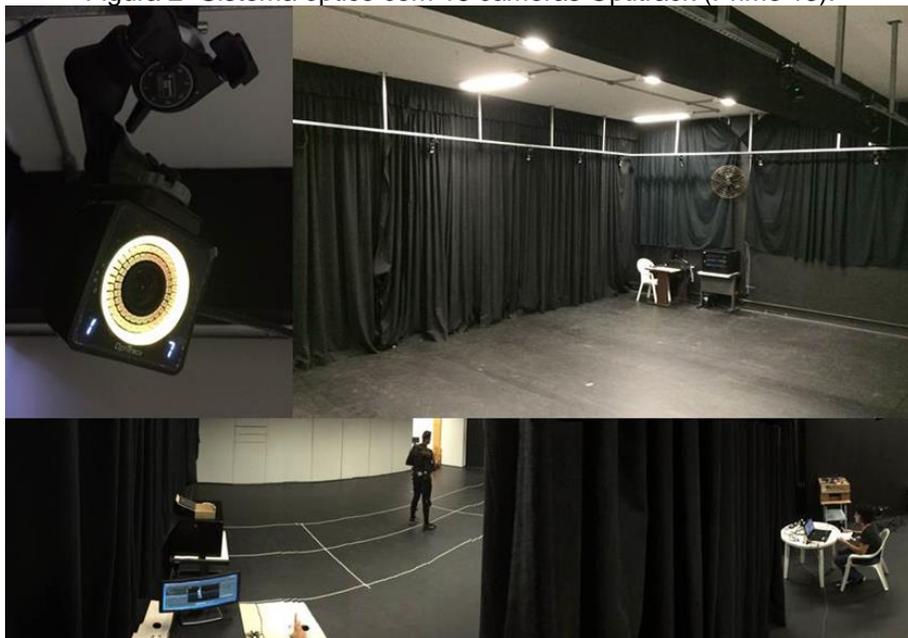
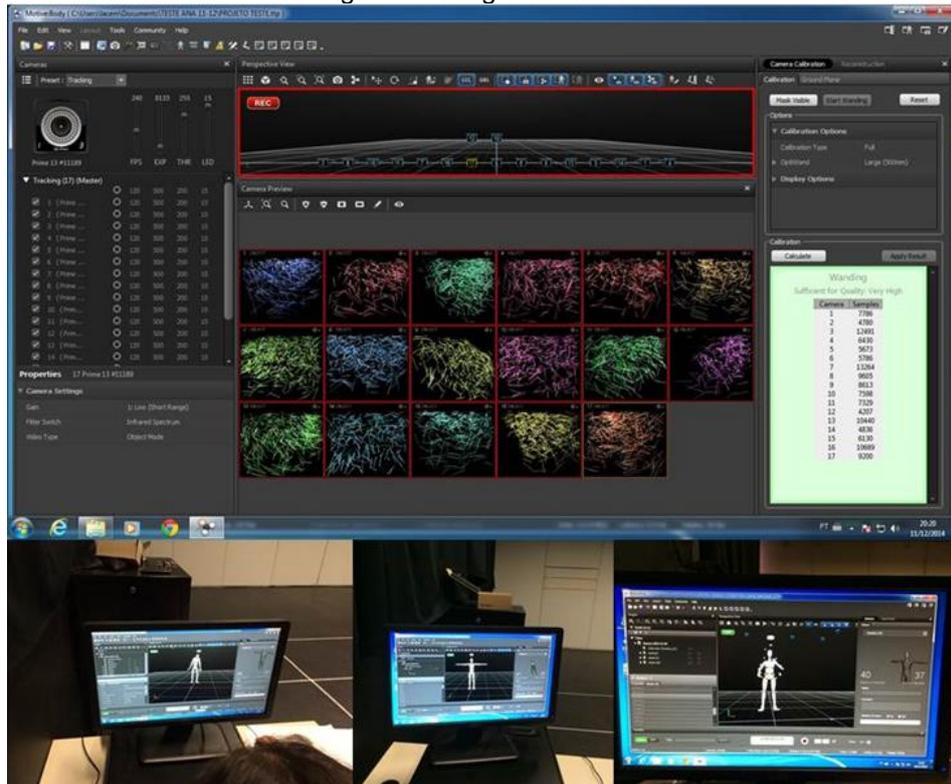


Figura 3 - Programa Motive.



O atleta foi instrumentado com 37 marcadores reflexivos em referenciais anatômicos específicos solicitados pelo programa de captura (Figura 4), a saber: centro da cabeça, lateral direita da cabeça, testa, acrômio direito e esquerdo, epicôndilo lateral direito e esquerdo do úmero, cabeça do quinto metacarpo direito e esquerdo, processo estilóide do rádio direito e esquerdo, processo estilóide da ulna direito e esquerdo, processo xifoide do esterno, espinha ilíaca ântero superior direita e esquerda, espinha ilíaca pósterio superior direita e esquerda, epicôndilo lateral do fêmur direito e esquerdo, coxa direita próxima a patela, coxa esquerda mais medial, perna direita mais medial, perna esquerda mais próxima ao tornozelo, maléolo lateral direito e esquerdo da fíbula, tuberosidade do quinto metatarso direito e esquerdo, base do primeiro metatarso direito e esquerdo, processo espinhoso da torácica 3, ângulo inferior da escápula direito e esquerdo, ângulo lateral da escápula direito e esquerdo, braço direito e esquerdo mais próximo ao cotovelo e posterior e também marcadores adicionais para uma melhor análise e captura de movimento.

Figura 4 – Indivíduo instrumentado com as marcas reflexivas.



Os dados colhidos no sistema optoeletrônico foram tratados e processados a partir do programa Visual 3D, C-Motion Inc. Software de análise biomecânica para medir dados de movimento e força coletados a partir de diferentes sistemas de captura de movimento 3D, fornecendo cálculos cinemáticos e cinéticos através de técnicas matemáticas de otimização, processamento de sinal e filtragem, cinemática inversa, entre outros cálculos. Já os dados colhidos pelo Tobii Glasses foram tratados pelo sistema TobiiGlassesAnalyzer (versão 1.16).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de ângulos encontrados na situação afundo partindo da base de guarda sem alvo, partindo da base de guarda com alvo e em situação de combate podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores angulares (°) encontrados para o afundo nas condições sem alvo, com alvo e em combate.

Ângulos	Sem alvo			Com alvo			Em combate		
	Máximo	Mínimo	Amplitude	Máximo	Mínimo	Amplitude	Máximo	Mínimo	Amplitude
TD	84,20	53,75	30,45	89,46	55,65	33,81	82,95	52,10	30,85
JD	90,84	25,98	64,86	95,12	19,46	75,66	96,47	23,33	73,14
QD	89,62	40,70	48,92	83,77	43,73	40,04	84,32	44,63	39,69
OD	107,08	20,10	86,98	129,44	20,69	108,75	110,35	53,56	56,80
CD	80,41	19,03	61,38	85,50	20,90	64,60	27,62	18,12	9,50
PD	2,40	-19,28	21,68	4,18	-18,65	22,83	-1,30	-15,67	14,38
TE	111,37	42,16	69,21	110,86	63,40	47,46	105,35	60,68	44,67
JE	69,88	0,85	69,03	67,61	-0,38	67,99	74,83	-2,04	76,87
QE	25,77	-14,82	40,59	25,13	-15,86	40,99	32,32	-22,17	54,49
OE	74,49	-48,13	122,62	167,04	-58,80	225,84	86,66	102,41	189,06
CE	150,27	-5,33	155,60	136,84	14,27	122,57	72,59	7,87	64,72
PE	5,39	-0,94	6,33	5,54	-18,11	23,65	-12,03	-22,14	10,12

TD= Tornozelo Direito, JD= Joelho Direito, QD= Quadril Direito, OD= Ombro Direito, CD= Cotovelo Direito, PD= Punho Direito, TE= Tornozelo Esquerdo, JE= Joelho Esquerdo, QE= Quadril Esquerdo, OE= Ombro Esquerdo, CE= Cotovelo Esquerdo, PE= Punho Esquerdo.

Ainda que não tenha sido efetuada uma análise de média e desvio padrão, pois só utilizamos um sujeito para análise deste projeto, podemos notar valores diferentes entre as tentativas sem alvo, com alvo e em combate.

Na Tabela 1 pode-se notar que a amplitude angular do ombro direito na tentativa sem alvo foi de 86,98°, já na tentativa com alvo foi de 108,75° e na tentativa em combate foi de 56,80°. Também é possível notar que o valor angular máximo do mesmo ombro na tentativa com alvo foi de 129,44°, já nas tentativas sem alvo e em combate, esse valor foi de 107,08° e 110,35° respectivamente, essa variação pode ser relativa a posição do alvo estático, visto que o maior valor foi obtido na tentativa com um alvo específico, na tentativa em combate, o menor valor, o atleta possivelmente atingiu o adversário em um ponto mais baixo.

Ainda na Tabela 1 é possível notar uma variação no valor angular máximo do cotovelo direito acima de 80° nas tentativas com alvo em sem alvo, já na tentativa em combate esse valor foi de 27,62°, também é possível observar que a amplitude angular do cotovelo também foi a menor em relação às outras tentativas, sendo ela no valor de 9,50°, enquanto nas demais tentativas esse valor foi acima de 19°. Nesta tentativa pode-se considerar que o atleta se encontrava próximo ao adversário e sendo assim, não foi possível/necessário fazer a extensão total do cotovelo para efetuar o golpe.

Os valores de amplitude angular do quadril esquerdo na tentativa em combate foram maiores do que nas tentativas sem alvo e com alvo, isso se deve ao fato de que ao efetuar o afundo com marcha, o atleta teve um maior impulso, com a perna que estava à frente,

enquanto a perna de trás permanece estendida, apoiando a planta do pé no solo, devido ao atleta já estar em movimento, a amplitude deste movimento tende a ser maior.

Na tentativa sem alvo o valor de flexão e extensão do ombro e cotovelo esquerdo é menor do que as tentativas com alvo e em combate devido ao fato de que com presença do alvo o auxilie na reprodução do movimento corretamente, fazendo com que ele tenha uma menor flexão e extensão do braço esquerdo, na tentativa com alvo esses valores são maiores porque o movimento do braço esquerdo auxilia o atleta na impulsão e manutenção de equilíbrio.

Os valores de velocidade angular encontrados na situação de afundo partindo da base de guarda sem alvo, partindo da base de guarda com alvo e em situação de combate podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de velocidade angular ( $^{\circ}/\text{seg}$ ) encontrados para o afundo nas condições sem alvo, com alvo e em combate.

Velocidade angular	Sem alvo			Com alvo			Em combate		
	Máximo	Mínimo	Amplitude	Máximo	Mínimo	Amplitude	Máximo	Mínimo	Amplitude
TD	224,37	-407,63	632,00	213,95	-344,38	558,33	284,28	-449,00	733,28
JD	459,94	-356,73	816,67	482,68	-444,86	927,54	562,67	-422,46	985,12
QD	247,07	-63,30	310,37	281,75	-130,32	412,07	307,33	-272,69	580,02
OD	357,98	-32,02	390,00	356,12	-20,12	376,24	367,54	-183,40	550,94
CD	29,41	-238,81	268,22	51,97	-346,50	398,47	89,59	-100,37	189,95
PD	135,48	-103,42	238,90	160,92	-218,81	379,73	34,82	-289,85	324,67
TE	383,07	-495,97	879,04	140,56	-367,28	507,84	313,88	-527,68	841,56
JE	78,13	-362,81	440,94	20,69	-285,93	306,62	62,12	-502,15	564,27
QE	71,54	-181,85	253,39	73,34	-181,94	255,28	149,67	-321,97	471,64
OE	227,63	1794,87	2022,50	706,44	4177,20	4883,64	897,26	3492,26	4389,52
CE	109,54	-662,22	771,76	122,70	-592,98	715,68	414,43	-340,97	755,40
PE	64,92	-69,88	134,80	23,30	-141,02	164,32	62,92	-69,13	132,05

TD= Tornozelo Direito, JD= Joelho Direito, QD= Quadril Direito, OD= Ombro Direito, CD= Cotovelo Direito, PD= Punho Direito, TE= Tornozelo Esquerdo, JE= Joelho Esquerdo, QE= Quadril Esquerdo, OE= Ombro Esquerdo, CE= Cotovelo Esquerdo, PE= Punho Esquerdo.

Espera-se que os maiores valores obtidos encontrem-se na tentativa de em combate, devido ao corpo estar em movimento de marcha, e que esse valor somatize com o impulso.

Os valores de pico do tornozelo direito são gerados no momento da aterrissagem. Os resultados indicam que a velocidade de extensão e flexão do tornozelo e flexão do joelho direito são maiores na aterrissagem da tentativa em combate devido ao fato do atleta estar em movimento anterior ao início do ataque.

Os valores de velocidade do ombro esquerdo são maiores nas tentativas com alvo, pois, a presença dele auxilia para que o atleta consiga medir a velocidade a ser utilizada para percorrer a distância para com adversário, sendo assim, como o atleta não possui esse parametro sem a presença do alvo, faz com que o atleta utilize uma velocidade menor que, ele considere ideal.

A frequência de fixação do olhar dos atletas em cada AOI pode ser visualizada na Tabela 3.

Tabela 3 - A frequência de fixação do olhar dos atletas em cada AOI.

Dominância	AOI		
	Face	Tronco	Braço armado
Destros	125	68	39
	82	71	46
	5	88	70
	20	62	81
Sinistros	18	55	67
	12	45	59
Destros - Média ± Desvio-padrão	60,5 ± 57,37	72,25 ± 11,15	59,00 ± 19,78
Sinistros - Média ± Desvio-padrão	15,00 ± 4,24	50,00 ± 7,07	63,00 ± 5,66

Estes resultados parecem demonstrar que o EyeTracking é uma ferramenta útil para os treinadores de esgrima, pois com eles foi possível reconhecer a influência do técnico anterior e também a definir como esconder o ataque ao tentar atingir seu adversário.

Dois dos sujeitos tiveram parte do treinamento com outros profissionais, sendo eles internacionais, antes de começarem a treinar no clube em que se encontram, podemos perceber esta diferença de treino de acordo com a quantidade de fixações para a face do adversário dos sujeitos 1 e 2, 125 e 82 respectivamente, em relação aos outros sujeitos, que tiveram seu treinamento em solo nacional.

É possível identificar através desta pesquisa que os atletas sinistros possuem menor foco no tronco do adversário do que os atletas destros, mas que essa diferença é pouca em relação ao foco no braço armado do adversário.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo apresentar a importância do uso de novas tecnologias no desenvolvimento esporte de alto rendimento, em específico de combate, sendo

o principal a esgrima, auxiliando técnicos e treinadores, corrigindo erros e identificando acertos biomecânicos.

Cabe ressaltar a pequena quantidade de estudos que se assemelham a esse, por se tratar de novas tecnologias, na área, sendo assim houve a necessidade de realizar diversas coletas piloto para que fosse possível aprender a lidar e identificar como seria possível obter os resultados esperados.

Propõe-se que esse projeto sirva como base para futuras análises, uma vez que a metodologia aplicada obteve sucesso, para que seja possível realizar estudos mais aprofundados a cerca do assunto.

## REFERÊNCIAS

ARUS, E. *Biomechanics of human motion: applications in the martial arts*. Florida: CRC Press, 2013.

BORYSIUK, Z. Psychomotorreactions in fencingdependenceofstimulitype. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, v.10, n.3, p.223-229,2008.

CORREIA, W. R.; FRANCHINI, E. Produção acadêmica em lutas, artes marciais e esportes de combate. *Motriz*, Rio Claro, v.16, n.1, p.01-09, jan./mar., 2010.

DOURADO, D. A. C., RATHSAN, E. M., SALLES, R. J. D.; LADEIRA, A.P.X., CORRÊA, S. C. Movimento afundo: contribuições da biomecânica para análise descritiva da modalidade esgrima. *Revista Digital - Buenos Aires*, v.16, p.1 - 10, 2011. Disponível em <http://www.efdeportes.com/> . Acesso em 3 de agosto de 2009.

FABRIZIO, A., CORRÊA, S. C., MIAKOTNYKH, G.; CARDOSO, M.F., OLIVEIRA, D. Análise da força de reação do solo nos movimentos da esgrima. In: VI Congresso Latino-Americano - 24 Congresso Internacional de Educação Física, 2009, Foz do Iguaçu. *Journal of the International Federation of Physical Education*, 2009.v.79, p.108.

FERNANDES, F.M.; WICHI, R.B.; SILVA, V.F.; LADEIRA, A.P.X.; ERVILHA, U.F. Biomechanical methods applied in martial arts studies. *JournalMorphologicalSciences*, v. 28, n. 3, p. 141-144, 2011.

FIEL, M. S., CORRÊA, S. C., OLIVEIRA, D., MIAKOTNYKH, G., CARDOSO, M.F. Análise da atividade muscular do deltóide durante movimentos da esgrima In: XI I Congresso de Ciências do Desporto e Educação Física dos Países de Língua Portuguesa, 2008, Porto Alegre - Brasil. *Anais do XII Congresso de Ciências do Desporto e Educação Física dos Países de Língua Portuguesa*, 2008.

GONZALEZ, N. M. A.; GONZALEZ, D. A. A.; VALEJJO, D. M. G.; FRANCO, A. L. G.; ALVAREZ, M. A. S.; VALENCIA, K. J.. AnalisisBiomecanico De La Articulacion De La Rodillal Izquierda Durante El Gesto Del Fondo En La Esgrima. Escuela Nacional Del Deporte, 2008. Disponível em: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/rodilla-izquierda-esgrima/rodilla-izquierda-esgrima.pdf>.

GREENHALGH, A.; BOTTOMS, L.; SINCLAIR, J. Influence of Surface on Impact Shock Experienced During a Fencing Lunge. *Journal of Applied Biomechanics*, v.29,p. 463-467, 2013.

OLIVEIRA, D.L.; CORRÊA, S.C.; FIEL, M.S.; MIAKOTNYKH,G; CARDOSO, M.F. As contribuições da biomecânica para o estudo da esgrima: uma análise descritiva. *Relatório final do projeto Mackpesquisa*, 2007.

MARTÍNEZ DE QUEL, Ó.; LÓPEZ E.; SILLERO M.; SAUCEDO F. La Toma De DecisiónEnTareas De Entrenamiento De La Esgrima Y SuRelaciónCon El Tiempo De Reacción. *Revista de CienciasdelDeporte*, v. 7, suppl., p. 3-12. ,2011.

POLANCO, L. M. P.; LAZO, M. V. P.; MORLANES, D. M. S.; GARCIA, F. G.. Análisis biomecánico del ataque directo com fondo em la esgrima a florete. *E.F. Deportes.com Revista Digital*, n. 191, 2014.

ROI, G.S.; BIANCHEDI, D. The Science of Fencing: Implications for Performance and Injury Prevention. *Sports Medicine*, v. 38, n.6, p. 466-481, 2008.

SINCLAIR, J.; BOTTOMS,L.; TAYLOR, K.; GREENHALGH, A. Tibial shock measured during the fencing lunge:the influence of footwear. *Sports Biomechanics*, v.9, n.2, p.65–71, 2010.

SUCHANOWSKI, A., BORYSIUK, Z.; PAKOSZ.P.Electromyography Signal Analysis of the Fencing Lunge by Magda Mroczkiewicz, the Leading World Female Competitor in Foil. *Baltic Journal Of Health And Physical Activity*, v.3, n.3, p.172-175, 2011.

TRAUTMANN, C., MARTINELLI, N., ROSENBAUM. D. Foot loading characteristics during three fencing-specific movements. *Journalof Sports Sciences*, v.29, n.15, p. 1585–1592,2011.