

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

Hugo Vinícius de Oliveira Silva

**ANÁLISE DO PADRÃO BIOMECÂNICO DO ARREMESSO DE LANCE LIVRE
FEITO POR ATLETAS DO BASQUETEBOL EM CADEIRA DE RODAS: UMA
REVISÃO DE LITERATURA**

Belo Horizonte

2019

Hugo Vinícius de Oliveira Silva

**ANÁLISE DO PADRÃO BIOMECÂNICO DO ARREMESSO DE LANCE LIVRE
FEITO POR ATLETAS DO BASQUETEBOL EM CADEIRA DE RODAS: UMA
REVISÃO DE LITERATURA**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG, como requisito à obtenção do Título de Pós-graduada em Musculação e Sistemas de Treinamento em academias.

Orientador: Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade

Belo Horizonte

2019

S586a Silva, Hugo Vinícius de Oliveira
2019 Análise do padrão biomecânico do arremesso de lance livre feito por atletas do basquetebol em cadeira de rodas: uma revisão de literatura. [manuscrito] / Hugo Vinícius de Oliveira Silva – 2019.
27 f.: il.

Orientador: André Gustavo Pereira de Andrade

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 23-25

1. Biomecânica. 2. Basquetebol. 3. Esportes em cadeira de rodas. 4. Membros superiores. I. Andrade, André Gustavo Pereira de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 612.76

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Danilo Francisco de Souza Lage, CRB 6: nº 3132, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Monografia intitulada: Análise do padrão biomecânico do arremesso de lance livre feito por atletas do basquetebol em cadeira de rodas: uma revisão de literatura, de autoria do pós-graduando **HUGO VINÍCIUS DE OLIVEIRA SILVA**, defendida em 15/06/2019, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais e submetida à banca examinadora composta pelas professoras:

- Profa. Ms. Sarah da Glória Teles Bredt
Departamento de Esportes
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais
- Profa. Ms. Tatiana Lima Boletini
Departamento de Esportes
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais



Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas

Coordenador do Curso de Especialização em Treinamento Esportivo
Departamento de Esportes
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 14 de maio de 2022.

RESUMO

O presente trabalho é uma revisão de literatura que dará ênfase na avaliação biomecânica de atletas paralímpicos, com o propósito de identificar o padrão biomecânico do arremesso realizado por atletas de Basquetebol em cadeira de rodas buscando relacionar esse padrão de movimento com a classificação funcional adotada pelo Sistema de Classificação de Jogadores da *INTERNATIONAL WHEELCHAIR BASKETBALL FEDERATION*. Para tal, foram analisados os estudos que investigaram o padrão cinemático do arremesso de lance livre em atletas e os dados correlacionados com as diferentes classificações funcionais. Pela análise da literatura foi possível verificar que há uma diferença no padrão de movimento entre as classes funcionais com o objetivo de realizar um melhor arremesso. A mecânica de arremesso pode ser alterada devido a fatores como a altura da cadeira de jogo, o tamanho das rodas, o tamanho do jogador e outros. Por isso sugere-se que jogadores de diferentes classes funcionais, de acordo com suas individualidades, utilizem estratégias diferentes para atingir a bola na cesta, porém, ainda assim, não é possível inferir qual seria o padrão de movimento específico para cada jogador ou qual seria o padrão cinemático do arremesso de lance livre em cada classe funcional.

Palavras chaves: Basquetebol em cadeira de rodas. Análise Cinemática. Arremesso. Classificação Funcional

ABSTRACT

The present article is a literature review that will emphasize the biomechanical evaluation of Paralympic athletes with the purpose of identifying the biomechanical pattern of the throw made by wheelchair basketball athletes seeking to relate this pattern of movement with the functional classification adopted by the System of the INTERNATIONAL WHEELCHAIR BASKETBALL FEDERATION. For that, we analyzed the studies that investigated the kinematic pattern of free throw in athletes and the data correlated with the different functional classifications. From the analysis of the literature it was possible to verify that there is a difference in the movement pattern between the functional classes in order to achieve a better shooting. The shooting mechanics can be altered due to factors like the height of the game wheelchair, the size of the wheels, the size of the player and others. Therefore it is suggested that players of different functional classes, according to their individualities, use different strategies to reach the ball in the basket, however, it is still not possible to infer what would be the specific movement pattern for each player or which would be the kinematic pattern of the free-throw pitch in each functional class.

Keywords: Wheelchair Basketball. Kinematic Analysis. Shooting. Functional Classification

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	06
1.1 Objetivo	09
2. DESENVOLVIMENTO	10
2.1 Classificação funcional	10
2.2 Padrão biomecânico de arremesso de lance livre de atletas do BCR	14
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERENCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

O Basquetebol em cadeira de rodas (BCR) é um para-desporto que teve seu início em 1949 nos EUA após a segunda guerra mundial, mas apenas se popularizou após 1960, ao ser uma das modalidades a participar da primeira Paraolimpíadas em Roma, sob influência do médico Dr. Ludwing Guttman. O esporte, jogado com uma bola, utiliza cadeiras de rodas modificadas para a prática esportiva. Tendo sido adaptado a partir do basquetebol convencional para se adequar a pessoas que são fisicamente deficientes, a modalidade evoluiu e se popularizou e, nos dias de hoje, é usado como uma forma de atividade física adaptada, mas se constitui como um esporte de alto rendimento, além de se tornar um método eficaz de socialização e reabilitação (SALTAN; ANKARALI, 2017).

Para ingresso do atleta na modalidade, realizam-se análises do nível de deficiência e do comprometimento da capacidade funcional dos praticantes. Esse sistema foi criado em 1968, com a denominação de sistema de classificação funcional dos participantes de competições de esportes adaptados. Contudo, em 1984, a International Wheelchair Basketball Federation (IWBF) começou a utilizar de um sistema de classificação próprio, proposto por Horst Strohkendl, que tinha como objetivo que os atletas competissem em condição de paridade funcional, garantindo a equidade esportiva (IWBF, 2004; SANTOS, 2013).

Ao longo do tempo, a classificação funcional se tornou uma das mais importantes questões relacionadas ao BCR que, mesmo sofrendo constantes melhorias, ainda é um dos principais motivos de debate nos esportes com deficiência, pois influencia diretamente a modalidade, visto que as decisões de classificação têm um efeito significativo na carreira de um atleta, isto por que seu objetivo, segundo o Código de Classificação do International Paralympic Committee (IPC), é garantir que o esporte seja impactado minimamente pelo grau de comprometimento ou pela deficiência, promovendo oportunidades igualitárias para atletas que possuem diferentes tipos ou graus de uma mesma deficiência (CRESPO-RUIZ, B. M.; DEL AMA-ESPINOSA, A. J.; GIL-AGUDO, A. M, 2011; IPC, 2015; SALTAN; ANKARALI, 2017; MOLIK et al., 2017).

Atualmente a classificação funcional da IWBF é realizada a partir de um método observacional, que embora já esteja consolidado e que é realizado a partir de análises do jogador durante o jogo, momento em que os jogadores estão mais propensos a utilizar toda a sua capacidade funcional, por isso, a análise fica menos susceptível a problemas relacionados a avaliação do atleta fora do contexto do desempenho via exame médico. Ainda assim, o método é baseado na análise de classificadores em que cada um pode apresentar diferentes interpretações, tornando o método subjetivo e com risco de falta de concordância entre os avaliadores (GIL-AGUDO; DEL AMA-ESPINOSA; CRESPO-RUIZ, 2010)

Diante disto, o presente estudo enfatizou a avaliação dos atletas por métodos biomecânicos, baseados em evidências científicas, pois esta parece ser a melhor forma para solucionar o problema da subjetividade da classificação, pois elas evitam mal-entendidos e alterações durante o processo de classificação (MOLIK *et al.*, 2017). Para que isso aconteça, o atual método do sistema de classificação funcional da IWBF necessita buscar outras formas de avaliação para que se tenha dados objetivos sobre os jogadores, a fim de obter informações quantitativas para o sistema de classificação. Nesse sentido, diversos autores sugerem que sejam realizadas análises biomecânicas com os atletas, pois elas são evidência científica que contribui para a validação de diferentes métodos de classificação (CRESPO-RUIZ; DEL AMA-ESPINOSA; GIL-AGUDO, 2011).

Atualmente, uma das indagações científicas mais prementes na validação de métodos complementares de classificação é a comprovação de medidas válidas e que se mostrem efetivas para auxiliar o atual método observacional utilizado pela IWBF, pois só assim será possível garantir que atletas bem treinados não sejam prejudicados competitivamente. De tal forma que a atual avaliação em consonância com métodos de análises complementares poderá excluir qualquer influência que o talento inato, o nível do esporte e o método de treinamento possam ter no processo de classificação, visto que os fatores determinantes das classes são o quanto o comprometimento de uma pessoa impacta no desempenho esportivo e não os diagnósticos e avaliações médicas. Diante disso, os avanços das evidências científicas e o desenvolvimento de métodos de análises complementares, principalmente na área de biomecânica,

ajudará a melhorar a credibilidade e solidez do sistema de classificação funcional da IWBF (TWEEDY; BECKMAN; CONNICK, 2014; MOLIK *et al.*, 2017).

Alguns estudos investigaram o padrão cinemático do arremesso em atletas com classificações distintas. Malone (1999) investigou a partir de dados de vídeo 3D realizados durante uma competição internacional, o arremesso de lance livre de atletas de todas as classes funcionais a fim de identificar as diferenças na altura, ângulo e velocidade de liberação da bola entre as classes e determinar a técnica de arremesso necessária para arremessos bem sucedidos em cada classe, dando ênfase nos deslocamentos angulares e velocidades das articulações do ombro, cotovelo e punho, que são consideradas as principais envolvidas no movimento de arremesso. Goosey-Tolfrey, Butterworth e Morriss (2002) realizaram uma análise em que avaliaram jogadores de classe 2 (2.0 e 2.5) e classe 4 (4.0 e 4.5), observando, a partir de vídeo da filmagem, as diferenças cinemáticas da técnica na conclusão de um lance livre bem-sucedido, com o objetivo de identificar a velocidade, ângulo e altura do lançamento da bola, além do deslocamento e velocidades angulares do ombro, cotovelo e punho, ângulo do tronco na liberação e o tempo entre a velocidade angular máxima da articulação e a liberação da bola. Tejero *et al.* (2016) realizaram uma análise biomecânica com o objetivo determinar a influência da classificação funcional da IWBF na execução do arremesso de lance livre, a partir de uma análise biomecânica do arremesso de lance livre de dois jogadores, sendo um de classificação 1.0 e outros de classificação 4.5, sendo observado a altura e momento de soltura da bola e flexão máxima do cotovelo na montagem do arremesso, assim como a velocidade e posição da mão, punho, cotovelo e ombro durante o movimento. Por fim, Torres (2003) teve como objetivo investigar as alterações inter e intra individuais do padrão de movimento do arremesso no BCR em diferentes distâncias, a partir da validação da classificação funcional por meio da determinação da semelhança entre os arremessos, utilizando a análise processual do padrão de movimento do arremesso do BCR por meio de curvas de intensidade-tempo de variáveis biomecânicas, comparando-as em atletas de classes distintas.

O presente trabalho trata de uma revisão de literatura que tem por objetivo identificar a relação entre o padrão biomecânico do arremesso realizado por atletas de BCR com a classificação funcional do Sistema de Classificação de Jogadores da

IWBF. Desta forma, abordaram-se os estudos que investigaram a análise biomecânica do arremesso de atletas de BCR e o relacionaram com a classificação funcional. Portanto a revisão será estruturada em dois capítulos, no primeiro, serão discutidos o processo de classificação funcional e seu histórico, além da possível subjetividade do método de avaliação, utilizado pela IWBF, no segundo, será identificado, de acordo com a literatura, o padrão biomecânico de arremesso de atletas de BCR, relacionando-o com a classificação funcional.

1.1. Objetivo

O presente trabalho trata de uma revisão de literatura que tem por objetivo identificar a relação entre o padrão biomecânico do arremesso realizado por atletas de BCR com a classificação funcional do Sistema de Classificação de Jogadores da IWBF.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Classificação funcional

Em 1945, após o retorno de veteranos da Segunda Guerra mundial, foi jogado nos EUA pela primeira vez o basquetebol em cadeira de rodas. Fato acontecido nas quadras de dois hospitais norte-americanos de veteranos de guerra. A saber, o *Corona Naval Station* na Califórnia e *Framingham* em Massachusetts (IWBF, 2014). O esporte que é jogado com uma bola e adaptado a pessoas com deficiência física era uma forma de integração, socialização e reabilitação dos antigos combatentes da guerra (SALTAN; ANKARALI, 2017). Já em meados de 1948, com um trabalho independente, o Dr. Ludwing Guttman, no Centro Nacional de Lesões da Coluna Vertebral no Reino Unido, contribuiu para que tenha havido um grande desenvolvimento dos esportes Paralímpicos, onde ainda se jogava o *netball* em cadeira de rodas (GIL-AGUDO; DEL AMA-ESPINOSA; CRESPO-RUIZ, 2010; IWBF, 2014;).

A partir daí, em meados de 1949, ocorreu em Illinois, EUA, a formação da *National Wheelchair Basketball Association* (NWBA), concomitantemente, promoveu-se o primeiro torneio nacional de basquete em cadeira de rodas, que contava com seis equipes. O esporte alcançou reconhecimento em outros países em 1955, quando uma equipe norte-americana foi convidada para jogar *netball* de cadeira de rodas no *Internacional Stoke Mandeville Games*, e após este período, os norte-americanos começaram a implantar ou substituir o *netball* de cadeira de rodas pelo BCR (basquetebol em cadeira de rodas). Em 1960, ocorreu a popularização mundial da modalidade, devido aos primeiros Jogos Paralímpicos, que foram realizados em Roma e contou com participação de 400 atletas. Após isso, pessoas com uma série de deficiências motoras começaram a praticar a modalidade que, além de ser um exercício físico adaptado que promove a reabilitação do deficiente, melhorando seu estado físico e promovendo sua socialização, se tornou um esporte de alto rendimento para pessoas com deficiências físicas. Atualmente, o esporte ganhou certo reconhecimento da mídia e, a duras penas, tem dado algum prestígio profissional aos atletas (GIL-AGUDO; DEL AMA-ESPINOSA; CRESPO-RUIZ, 2010; SALTAN; ANKARALI, 2017).

O BCR, assim como os outros esportes adaptados, começou a ganhar uma grande quantidade de praticantes que levou conseqüentemente a uma popularização após os Jogos Olímpicos de Roma. Contudo, apenas em 1982 foi proposto na Alemanha por Horst Strohkendl o Sistema de Classificação de Jogadores da IWBF, sendo utilizado somente em 1984 nos Jogos Paralímpicos na Inglaterra (IWBF, 2014; SALTAN; ANKARALI, 2017). A classificação esportiva é um dos principais motivos de debate nos esportes com deficiência. Isto por que elas surgiram a partir de uma necessidade de se garantir a equidade dos resultados e uma oportunidade igualitária para atletas que possuem diferentes tipos ou graus de uma mesma deficiência. (GIL-AGUDO; DEL AMA-ESPINOSA; CRESPO-RUIZ, 2010)

Após processos de atualização e adaptação, o Manual Oficial de Classificação de Jogadores da IWBF/ 2014 – 2018, criado a partir do Sistema de Classificação de Jogadores, de Strohkendl, define como elegível para jogar o BCR aquelas pessoas que possuem uma deficiência física permanente que impossibilitem o atleta de correr, girar ou pular na velocidade e com o controle, segurança, estabilidade e resistência para jogar o basquete em corrida em igualdade com atletas que conseguem executar tais movimentos. A partir desta análise, é feita a divisão dos jogadores em classes funcionais, que vão de 1,0 a 4,5, sendo 1,0 o jogador com menor volume de ação e o 4,5 o jogador com maior volume de ação, além disto, se tem as inserções a cada 0,5 pontos que, segundo Gregório (2002), são para aqueles atletas que não se incluem nas classes principais.

Assim, a classificação é definida a partir da análise da capacidade física de um jogador para executar movimentos que são extremamente necessários no BCR, ou seja, empurrar a cadeira, driblar, passar, pegar, arremessar e reagir ao contato, sendo então correspondentes ao grau de incapacidade dos atletas. No BCR, a Classificação Funcional equivale ao ponto de jogo dos atletas, após o somatório da pontuação dos 5 jogadores que são obrigatórios dentro de quadra, um total de 14 pontos, resultado da soma da pontuação recebida por cada atleta. Esse total não pode ser excedido, pois, desta forma, se homogeneíza as equipes confrontantes e também obriga que as equipes em seu processo de formação busquem atletas que tenham desde mínimas lesões com quase nenhum grau de comprometimento, até com lesões mais graves e

maiores graus de comprometimento, ou seja, todos são necessários para o esporte. (CASTELLANO, 2001; IWBF, 2014; GIL *et al.*, 2015.)

Durante o processo de classificação funcional, são realizados testes e avaliações em que são levados em consideração alguns aspectos relacionados ao alcance, força e coordenação motora atingidos pelo tronco, membros inferiores e membros superiores. Esses testes e avaliações, inicialmente, são realizados como um aspecto individual e, depois, de que forma tais movimentos podem interferir em situações de jogo no BCR (IWBF, 2014). Assim, cada uma das classes mencionadas possui características próprias que são observadas, relacionando a pontuação com o “volume de ação” que este jogador pode realizar. Assim, independente do grau de comprometimento da deficiência desses atletas e das habilidades funcionais, é garantido a todos oportunidades iguais de participar do BCR (SALTAN; ANKARALI, 2017).

Ainda segundo o Manual Oficial de Classificação de Jogadores da IWBF (2014), o sistema de classificação vive em contínua evolução, pois, ocorre uma interação entre os jogadores e treinadores que resultam em uma conversa aberta entre as equipes e os classificadores com o objetivo de fortalecer esse processo, isto porque vencer ou perder um evento deve ter uma relação direta com o treinamento esportivo e não com o grau de comprometimento da deficiência dos atletas da equipe.

A classificação funcional é realizada por três áreas profissionais da saúde, que são médicos, fisioterapeutas e profissionais de Educação Física, que realizam a avaliação médica, funcional e técnica, respectivamente. Durante o processo médico, realiza-se um exame para diagnosticar a deficiência do atleta e o nível de função motora que afeta determinados movimentos, ou seja, baseia-se na condição física do atleta ou na natureza da sua deficiência. Logo após, realiza-se a avaliação funcional com o objetivo de analisar força muscular, amplitude de movimento, coordenação motora e, principalmente, equilíbrio do atleta sentado na cadeira de rodas. São essas capacidades que influenciarão nas habilidades esportivas específicas. E, por fim, a avaliação técnica tem como objetivo avaliar o atleta na situação de jogo, utilizando as adaptações necessárias e observando a musculatura envolvida nos movimentos, a técnica utilizada e também o uso ou não de próteses e órteses durante a prática esportiva. Conseqüentemente, o atleta será observado durante o jogo quando os

testes realizados não produziram uma decisão totalmente certa, podendo monitorar esta classificação durante outros campeonatos (DOYLE *et al.*, 2004; GIL-AGUDO; DEL AMA-ESPINOSA; CRESPO-RUIZ, 2010; CARDOSO; GAYA, 2014).

O BCR utiliza o método de classificação funcional proposto por Horst Strohkendl em 1984, assim como os testes que ele usou inicialmente, que ainda são válidos (CASTELLANO, 2001). Tais testes consistem na avaliação do atleta em tarefas que envolvem basicamente o equilíbrio e a força de tronco, permitindo assim que o classificador funcional tenha uma boa noção do potencial funcional do jogador. O atleta nestes testes deve

“segurar a bola acima da cabeça com as duas mãos; inclinar-se para a frente lentamente a partir dessa posição e pegar a bola do chão a sua frente ou a seu lado; inclinar-se para o lado, girar, receber a bola com uma ou duas mãos, de frente ou de lado; bater bola lateralmente e para a frente, etc.” (CASTELLANO, 2001, p.45).

Contudo, vários atletas, normalmente sob orientação técnica, tentam e até conseguem burlar os resultados para obter uma vantagem. Devido a isso, atualmente, o mais indicado pela IWBF, é a avaliação em situação de jogo, que é o momento em que eles apresentam suas habilidades funcionais completas, estando menos propensos a executar tarefas abaixo de sua capacidade máxima. Ainda assim, ambos os testes têm sido questionados por serem realizados a partir da observação dos classificadores, ou seja, realizada de forma subjetiva (CASTELLANO, 2001; GIL-AGUDO; DEL AMA-ESPINOSA; CRESPO-RUIZ, 2010; MOLIK *et al.*, 2017).

Desta forma, buscando critérios para garantir a objetividade do sistema de classificação funcional da IWBF, vários autores analisaram diferentes formas de avaliação, alguns deles foram citados por MOLIK *et al.* (2017) e analisaram o desempenho aeróbio e anaeróbio,¹ testes de habilidade desportiva², desempenho do

¹ Por exemplo: Hutzler, 1993; Vanlandewijck, Spaepen & Lysen, 1995; Hutzler & Sagiv, 1996; Hutzler, Ochana, Bolotin, e Kalina, 1998; Molik, Kosmol, Laskin, Skucas, & Bida, 2010; de Lira, et al., 2010; Weissland, Faupin Borel, Berthoin, & Leprêtre, 2015.

² Por exemplo: Brasile 1986, 1990; Brasile & Hedrick, 1996; Doyle, et al. 2004; Gil, et al., 2015; Granados, et al., 2015; Weissland, et al., 2015; Yanci, et al., 2015; Iturricastillo, Yanci, Granados, & Goosey-Tolfrey, 2016.

jogo³ e análise biomecânica, como a análise cinemática e aceleração da cadeira de rodas⁴. Todos esses estudos têm o objetivo de avaliar o desempenho dos atletas em diferentes níveis de classificação.

Deste modo, para Crespo-Ruiz, Del Ama-Espinosa e Gil-Agudo (2011), o sistema de classificação funcional já está bem estabelecido e seria então viável explorar outras formas de avaliação, aparentemente não para substituir a atual maneira de classificação utilizada pela IWBF, mas com o objetivo de fornecer ao sistema de classificação dados objetivos sobre as classes dos jogadores. Isto porque é necessário informações quantitativas no sistema de classificação para que este processo não seja realizado apenas a partir do ponto de vista de um avaliador, mas também de dados quantitativos reais sobre o atleta. Vários autores sugerem que seja realizada a análise biomecânica para esse fim, pois, atualmente, ela é uma das técnicas que mais contribui como evidência científica para validação de diferentes métodos de classificação (GIL-AGUDO; DEL AMA-ESPINOSA; CRESPO-RUIZ, 2010; MOLIK *et al.*, 2017). Por isso, o sistema de classificação funcional utilizado pela IWBF necessita de atualização, mas para que isso aconteça, é necessário que mais estudos sobre essa questão sejam realizados. Por esse motivo, este estudo tem como objetivo identificar a relação entre a classificação funcional do Sistema de Classificação de Jogadores da IWBF com o padrão biomecânico de arremesso de lance livre de atletas de BCR.

2.2 Padrão biomecânico de arremesso de lance livre de atletas do BCR

O arremesso é um dos mais importantes fundamentos do BCR e dentro deste fundamento temos o arremesso de lance livre, fator indispensável para a vitória em uma partida, visto que é considerado como $\frac{1}{4}$ da pontuação total realizada em um jogo. O arremesso de lance livre é uma habilidade fechada, ou seja, realizada em um ambiente estável e previsível, o que favorece a análise biomecânica deste fundamento. O arremesso sofre alterações em sua mecânica de acordo com a classificação funcional de cada atleta, sendo assim, para identificar a diferença entre

³ Por exemplo: Vanlandewijck, et al., 1995; Molik & Kosmol, 2001; Vanlandewijck, et al., 2003, 2004; Molik, et al., 2009; de Witte, Hoozemans, Berger, Van der, & Veeger, 2015.

⁴ Por exemplo: Malone, Gervais, & Steadward, 2002; Crespo-Ruiz, del ama-Espinosa, & Gil-agudo, 2011; Vanlandewijck, Verellen, & Tweedy, 2011.

a mecânica de arremesso de jogadores de classificações funcionais diferentes, deve ser realizado uma análise biomecânica destes arremessos (MALONE; GERVAIS; STEADWARD, 1999; MALONE; GERVAIS; STEADWARD. 2002; TEJERO *et al.*, 2016).

Como citado no capítulo anterior, o atual método de classificação funcional já está consolidado, porém ele necessita de complementos que forneçam dados quantitativos ao método de avaliação atualmente utilizado pela IWBF. Após análise da literatura, foram encontrados poucos estudos que relacionaram a análise cinemática do arremesso de lance livre com a classificação funcional, dentre eles, serão abordados os seguintes estudos que são de maior relevância ao tema proposto: Malone, Gervais e Steadward(1999); Malone, Gervais e Steadward (2002); Goosey-Tolfrey, Butterworth e Morriss (2002); Torres (2003) e Tejero et al. (2016) que investigaram o padrão cinemático do arremesso de lance livre em atletas com classificações distintas.

Foram publicados, a partir da dissertação de doutorado de Malone (1999), dois artigos escritos em conjunto com Pierre L. Gervais e Robert D. Steadward. Ambos os estudos são complementares, sendo um publicado em 1999 e outro, em 2002. Ainda foi demonstrada a relação entre os parâmetros de liberação da bola no ato de arremesso da linha de lance livre com a classificação funcional dos jogadores. Os estudos publicados apontaram alterações do deslocamento angular e a velocidade das articulações de ombro, cotovelo e punho, principais articulações envolvidas no movimento (MALONE; GERVAIS; STEADWARD, 1999; MALONE; GERVAIS; STEADWARD, 2002).

A partir dos lances livres realizados de um dos lados da quadra durante a *6th Gold Cup World Wheelchair Basketball Championship*, foi realizada a análise cinemática a partir de duas câmeras Panasonic AG450 SVHS com taxa de amostragem de 60Hz, posicionadas paralelamente à linha de lance livre de forma que capturasse os arremessos de lance livre executados por pessoas destras de forma frontal e lateral. Após a filmagem, os vídeos passaram por um processo de seleção, em que foram compiladas as imagens limpas com qualidade de vídeo aceitável e aquelas em que a bola realizou um padrão de movimento considerado perfeito, no caso, quando a bola não toca em nenhuma parte da tabela ou do aro da cesta. Os

números totais de arremessos perfeitos identificados em cada classe, utilizados como amostra para ser analisada em ambos os artigos foram os seguintes: classe 1 ($n = 7$), classe 2 ($n = 16$), classe 3 ($n = 18$) e classe 4 ($n = 26$) (MALONE; GERVAIS; STEADWARD, 1999; MALONE; GERVAIS; STEADWARD, 2002).

A partir da análise do vídeo, encontraram-se altura, ângulo e velocidade do lançamento da bola. Além disso, foram encontrados alteração do deslocamento angular e velocidade das articulações de ombro, cotovelo e punho, percebendo, dessa forma, diferenças significativas entre as classes funcionais. Ao se comparar as classes baixas (Classes 1 e 2) com as classes altas (Classes 3 e 4), percebeu-se uma diferença entre os parâmetros analisados, corroborando que jogadores de diferentes classes tendem a buscar diferentes estratégias biomecânicas para obter sucesso em uma condição de lançamento. Desta forma, as classes altas apresentaram uma altura de lançamento da bola maior (Classe 3 = 179 cm; Classe 4 = 184 cm) quando comparado com as classes baixas (Classe 1 = 162 cm; Classe 2 = 160 cm). Porém as classes altas apresentaram um ângulo de liberação da bola menor (Classes 3 e 4 = 55°) do que as classes baixas (Classe 1 = 59° ; Classe 2 = 58°), assim como apresentaram uma velocidade de lançamento menor, em que a velocidade tendeu a diminuir com o aumento da classe de forma significativa (Classe 1 = 743 cm/s; Classe 2 = 719 cm/s; Classe 3 = 707 cm/s; Classe 4 = 699 cm/s), apresentando diferenças consideráveis entre todas as classes e não apenas entre classe alta e baixa (MALONE; GERVAIS; STEADWARD, 1999).

A partir de análise dos padrões de lançamento da bola, também foram verificadas as alterações do deslocamento angular e a velocidade das articulações de ombro, cotovelo e punho, revelando novamente uma diferença entre as classes funcionais, principalmente na posição do ombro no momento de lançamento da bola, na velocidade máxima do ombro e na velocidade máxima do cotovelo. Isso porque foi demonstrado que as classes altas realizam um maior ângulo de flexão do ombro no lançamento da bola (Classe 3 = 133° ; Classe 4 = 132°) em relação as classes baixas (Classe 1 = 116° ; Classe 2 = 123°), e que em relação à velocidade angular máxima da articulação do ombro foi identificada uma maior velocidade na classe 2 ($533^\circ/s$) que nas demais classes (classe 1 = $462^\circ/s$; classe 3 = $441^\circ/s$; classe 4 = $412^\circ/s$). Desta forma, é possível inferir que as classes baixas tendem a produzir uma maior

velocidade angular na articulação do ombro a fim de produzir uma melhor mecânica de arremesso. A velocidade angular máxima do cotovelo apresentou uma diminuição de acordo com o aumento na classe, ou seja, as classes baixas apresentam uma maior velocidade (Classe 1 = 957°/s; Classe 2 = 888°/s) do que as classes altas (Classe 3 = 798°/s; Classe 4 = 776°/s), enquanto a velocidade angular máxima da articulação do punho apresentou um aumento de acordo com o aumento da classe (Classe 1 = 791°/s; Classe 2 = 940°/s; Classe 3 = 1003°/s; Classe 4 = 1038°/s.). (MALONE; GERVAIS; STEADWARD, 2002).

Os jogadores de classes baixas possuem um menor aproveitamento dos arremessos de lance livre. Isso porque é necessário que o jogador tenha maior precisão, velocidade de lançamento e produção de força, o que representa um problema para essas classes, devido às limitações funcionais que eles possuem. Em relação aos parâmetros de lançamento da bola, à posição e às velocidades angulares durante o arremesso, pode-se afirmar que há diferença no padrão de movimento entre as classes funcionais, com o objetivo de realizar um melhor arremesso (MALONE; GERVAIS; STEADWARD, 2002).

O estudo de Goosey-Tolfrey, Butterworth e Morriss (2002) propôs examinar as diferenças na mecânica de arremesso de um lance livre bem-sucedido por jogadores de diferentes classificações funcionais. Para tal, foi realizada a coleta de dados de quinze jogadores de BCR, membros da equipe de treinamento da Seleção da Grã-Bretanha, com, no mínimo, 5 anos de experiência de BCR em nível nacional. Os jogadores foram divididos em dois grupos de acordo com a classificação funcional da IWBF. O Grupo 1 continha dez jogadores de Classe 2 (n = 10; classificações de 2.0 e 2.5 pontos) e o Grupo 2 foi destinado para os outros cinco jogadores de Classe 4 (n = 5; classificação de 4.0 e 4.5 pontos).

A análise cinemática foi realizada durante uma sessão de treinamento no *Lilleshall National Sports Center*, em que foram utilizadas duas câmeras de vídeo Panasonic AG-DP800He, com taxa de amostragem de 50 Hz. As câmeras foram posicionadas na frente do jogador, atrás da linha de fundo, de forma que o eixo ótico entre as câmeras se aproximava de 90°, conseqüentemente, uma estava ligeiramente para a esquerda e a outra, para a direita do jogador. Durante a sessão de treinamento, com a intenção de simular uma situação de falta no jogo, os jogadores realizaram

cinco rodadas de duas tentativas de lance livre, de forma que entre cada uma das rodadas eram realizadas corridas de meia quadra. Desta forma, não eram realizados dez arremessos contínuos. O vídeo foi coletado durante esta sessão, e posteriormente, foram selecionados de forma aleatória para análise, dois lances livres perfeitos de cada jogador (GOOSEY-TOLFREY; BUTTERWORTH; MORRISS, 2002).

Após as análises das variáveis discretas, se obtiveram parâmetros de velocidade, ângulo e altura de lançamento da bola, também foram encontrados os valores mínimo e máximo dos deslocamentos angulares de ombro, cotovelo e punho; das velocidades angulares de ombro, cotovelo e punho, do ângulo do tronco na liberação e do tempo entre a velocidade angular máxima da articulação e a liberação da bola (GOOSEY-TOLFREY; BUTTERWORTH; MORRISS, 2002), a fim de delinear o padrão de movimento relacionado a cada classe funcional, serão abordados apenas os parâmetros de maior relevância.

Segundo os dados obtidos por Goosey-Tolfrey, Butterworth e Morriss (2002), ambos os grupos apresentaram o mesmo ângulo de lançamento (Classe 2 e 2.5 = 58° ; Classe 4 e 4.5 = 58°), porém encontram-se diferenças entre as classes nos demais parâmetros: o grupo 1 apresentou uma tendência em liberar a bola com uma maior velocidade de lançamento que o grupo 2 (Classe 2 e 2.5 = 7.6 m/s; Classe 4 e 4.5 = 7.2 m/s), e a altura de lançamento da bola foi maior para o grupo 2 (Classe 2 e 2.5 = 1,57m; Classe 4 e 4.5 = 1,78m).

A mecânica de arremesso pode ser alterada devido a vários fatores, como por exemplo, a altura da cadeira de jogo, o tamanho das rodas, o tamanho do jogador e outros. Por isso, as análises sugerem que diferentes classes funcionais, de acordo com suas individualidades, utilizam de estratégias diferentes para gerar velocidade de lançamento para a bola atingir a cesta. O ângulo do ombro no lançamento aumentou de acordo com o aumento da classe funcional (Classe 2 e 2,5 = 104° ; Classe 4 e 4.5 = 123°). Perceberam-se diferenças na velocidade angular da flexão de ombro e na velocidade angular do punho no lançamento, enquanto a posição da articulação do cotovelo no lançamento foi semelhante em ambos os grupos. O grupo 2 apresentou uma maior velocidade angular do ombro (Classe 4 e 4.5 = 6,5 rad/s) que o grupo 1 (Classe 2 e 2.5 = 4,9 rad/s). Enquanto o grupo 1 apresentou uma maior velocidade angular do punho no lançamento da bola (Classe 2 e 2.5 = 21,9 rad/s), o grupo 2

apresentou resultados diferentes (Classe 4 e 4.5 = 14,8 rad/s). Refletindo desta forma que em jogadores do Grupo 2 a flexão do ombro parece ter uma contribuição maior para a velocidade do lançamento necessária para a bola atingir a cesta que se comparado com o movimento de pulso. De forma contrária, a flexão do punho parece ter uma influência maior para os jogadores do Grupo 1 (GOOSEY-TOLFREY *et al.*, 2002).

Os jogadores do grupo 1 obtiveram uma menor taxa de sucesso nos arremessos, o que pode estar intimamente relacionado ao controle do tronco. Foi observado que esses jogadores tendem a perder a estabilidade do tronco após o arremesso, o que pode ter afetado a capacidade de atingir parâmetros de arremesso bem-sucedidos (GOOSEY-TOLFREY; BUTTERWORTH; MORRISS, 2002).

Tejero *et al.* (2016) buscaram verificar a influência da classificação funcional da IWBF na execução do arremesso de lance livre. Para isso, foi realizada uma análise biomecânica do arremesso de dois jogadores, sendo um de classe 1.0 e outro de classe 4.5, ambos são campeões em nível nacional na Espanha, e destros. O jogador de classe 1.0 possui o maior nível de comprometimento funcional, e o jogador de classe 4.5, o menor nível de comprometimento funcional.

Para realização da análise biomecânica do arremesso de lance livre, foi realizada uma análise cinemática a partir da utilização de duas câmeras Panasonic DP – 800H de alta velocidade, posicionadas de forma perpendicular em relação ao eixo ótico e com o visor para o jogador em posição de arremesso. As filmagens foram realizadas durante um treinamento e foram coletados dados de dois arremessos que foram encestados de forma perfeita. Para estruturação da pesquisa, foi analisada a altura e o momento de soltura da bola, e a flexão máxima do cotovelo na montagem do arremesso, assim como a velocidade e posição da mão, punho, cotovelo e ombro, durante o movimento (TEJERO *et al.*, 2016).

Os dados obtidos demonstraram que o jogador 2 obteve uma maior altura de lançamento da bola (Classe 4.5 = 1,57m) do que o jogador 1 (Classe 1 = 1,27m). Alguns parâmetros apresentaram dados semelhantes, como por exemplo, o momento de soltura da bola, que foi de 0,55 segundos para o jogador 1, classe 2.0 e 0,54 segundos para o jogador 2, classe 4.5 (TEJERO *et al.*, 2016).

Nesse trabalho, foi realizada uma análise dos segmentos a partir das coordenadas dos eixos de movimento, que foram definidos como X, Y e Z e que são, respectivamente, sagital, transversal e vertical. A partir destes dados, foram descritos o movimento, a posição e a velocidade da mão, punho, cotovelo, ombro e o centro de gravidade de ambos os jogadores. Foi percebido que a cadeira de rodas tem grande influência na técnica do arremesso de lance livre em todas as classes funcionais, pois as cadeiras possuem alturas, adaptações e formatos diferentes de acordo com os jogadores, também foi identificado que a técnica tem uma grande variação entre os jogadores, sendo que cada jogador possui estratégias individuais para melhorar o arremesso (TEJERO *et al.*, 2016).

Os trabalhos de Malone, Gervais e Steadward (1999); Malone, Gervais e Steadward (2002), Goosey-Tolfrey *et al.* (2002) e Tejero *et al.* (2016) realizaram uma análise com variáveis discretas, em que o decurso temporal não foi levado em consideração, ou seja, ela fornece dados do arremesso apenas em diferentes momentos da fase de movimento, reduzindo, assim, o caráter dinâmico dos movimentos a determinados instantes. As variáveis discretas apenas podem ser determinadas em momentos específicos do arremesso, como por exemplo no início, fim ou em momentos onde as variáveis possuíssem seus valores extremos (mínimos ou máximos).

Os estudos citados anteriormente, restringiram-se unicamente a análises de variáveis discretas do arremesso de lance livre, que são definidas em diferentes momentos do movimento, desprezando o decorrer temporal que faz com que o movimento seja analisado apenas em determinado momento. As variáveis discretas, mesmo sendo constantemente utilizadas como método de análise do padrão de movimento, não são completas a ponto de promover uma diferenciação do padrão de movimento, visto que devido à liberdade de movimentos que podem ser realizados pelo corpo humano, é possível iniciar o movimento em uma determinada posição e terminá-lo em uma posição idêntica, porém com movimentos parciais diferentes. Já a análise de séries temporais que utilizam de variáveis contínuas detalha o movimento desde o seu início até o seu estado final (TORRES, 2003).

Para se realizar uma análise da técnica, deve-se basear na descrição biomecânica realizada a partir da utilização de métodos de medição da física e do

fracionamento de um movimento complexo em movimentos parciais com suas variáveis, no caso do BCR, ângulo dos segmentos corporais, velocidade angular destes segmentos, ângulo de soltura da bola, dentre outros. Para realização da análise destes parâmetros, foi utilizada a análise cinemática em duas dimensões (2D) de marcadores utilizados em pontos anatômicos de referência do corpo (e.g. ombro, cotovelo e punho). Desta forma, o objetivo do trabalho de Torres (2003) foi validar o método de análise de séries temporais, modelando essas séries por funções ortogonais (e.g. séries de Fourier) com as alterações individuais do padrão do arremesso em atletas de BCR em diferentes distâncias. A partir dessa análise, utilizaram-se as curvas ajustadas por esses polinômios de variáveis biomecânicas para comparar atletas da mesma classe e também de classes distintas. Os resultados de Torres (2003) mostraram que, baseado no conceito metodológico da análise de séries temporais e funções ortogonais, é possível identificar padrões individuais de movimento e suas flutuações (SCHÖLLHORN, 1999; SCHÖLLHORN et al., 1999) e que a flutuação intra-individual de um mesmo indivíduo foi maior entre arremessos de distâncias diferentes do que entre arremessos da mesma distância (TORRES; MENZEL, 2002). Além disso, a autora verificou também que as variações inter-individuais são maiores do que as flutuações intra-individuais, tanto na análise de atletas da mesma classe quanto atletas de classes diferentes (MENZEL; TORRES, 2003; TORRES; MENZEL, 2003).

Torres (2003) concluiu que não foi possível justificar a classificação funcional dos atletas de acordo com o padrão de movimento do arremesso de 3 e 4 m de distância e pôde ser identificado um déficit em estudos relacionados à análise da técnica do padrão de movimento no basquetebol em cadeira de rodas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, é possível inferir que existe um padrão de movimento único de cada indivíduo, ou seja, diferentes jogadores tendem a realizar diferentes formas de arremesso, porém, não é possível afirmar qual seria o padrão de movimento específico de cada jogador ou qual seria o padrão de cada classe funcional, em função dos resultados obtidos, que são inconclusivos, visto que os estudos apresentaram divergências quanto à metodologia, ao tamanho da amostra, à forma da coleta e à análise dos dados, que foram diferentes entre os estudos. Também foram apresentados parâmetros que podem ser alterados por fatores externos que não a própria mecânica de arremesso, como por exemplo, a altura do arremesso, influenciado diretamente pela altura da cadeira ou pela altura do jogador, ou seja, dois atletas de uma mesma classe podem apresentar alturas diferentes de arremesso de acordo com a sua altura ou com o equipamento utilizado.

A metodologia dos estudos deve ser padronizada, enquanto os dados relacionados à altura da cadeira ou do jogador devem ser feitos de forma relativa ou mesmo de forma a comparar jogadores de mesma altura. Vários autores realizaram análises cinemáticas a partir de outros parâmetros que não o arremesso, como por exemplo, a propulsão da cadeira de rodas ou a função e estabilidade do tronco, contudo, mesmo sendo uma forma de fornecer dados quantitativos ao Sistema de Classificação da IWBF, devido à sua maior individualidade do movimento, a análise do arremesso, além de fornecer dados aos treinadores que buscam aprimorar a técnica de arremesso dos atletas também parece ser mais viável para pesquisas que tem como objetivo determinar as características biomecânicas de diferentes classes funcionais. Para isso, é necessário que sejam realizados mais estudos que analisem o arremesso, relacionando-o com a classificação funcional.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, V. D.; GAYA, A.C.; A classificação funcional no esporte Paralímpico. **Conexões: revista da Faculdade de Educação Física da UNICAMP**, v. 12, n. 2, p. 132-146, 2014.

CASTELLANO, M. L. **Classificação funcional no basquete sobre rodas: critérios e procedimentos**. 2001, 255 f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003

CRESPO-RUIZ, B. M.; DEL AMA-ESPINOSA, A. J.; GIL-AGUDO, A. M. "Relation between kinematic analysis of wheelchair propulsion and wheelchair functional basketball classification." **Adapted physical activity quarterly**. v. 28, n. 2, p. 157-172, 2011.

DOYLE, T. L. A. et al. Further evidence to change the medical classification system of the National Wheelchair Basketball Association. **Adapted Physical Activity Quarterly**, v. 21, n. 1, p. 63-70, 2004.

GIL, S. M. et al. The functional classification and field test performance in wheelchair basketball players. **Journal of human kinetics**, v. 46, n. 1, p. 219-230, 2015.

GIL-AGUDO, A; DEL AMA-ESPINOSA, A; CRESPO-RUIZ, B. Wheelchair basketball quantification. **Physical Medicine and rehabilitation clinics of North America**. v. 21, n. 1, p. 141-156, 2010.

GOOSEY-TOLFREY, V.; BUTTERWORTH, D.; MORRIS, C. Free throw shooting technique of male wheelchair basketball players. **Adapted Physical Activity Quarterly**, v. 19, n. 2, p. 238-250, 2002.

GREGÓRIO, P. J. F. **Estudo da magnitude das relações entre a performance técnica e os níveis de classificação funcional dos jogadores portugueses de basquetebol em cadeira de rodas**. 2002. 89 f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade do Porto, Porto, 2002.

IPC International Paralympic Committee. IPC Athlete Classification Code: Rules, Polices, and Procedures for Athlete Classification. 2011. Germany. Available from: <http://www.paralympic.org> [data de acesso: 20/08/2018].

IWBF *International Wheelchair Basketball Federation. A guide to the functional classification of wheelchair basketball players.* 2004. Canada. Available from: <http://www.iwbf.org> [data acesso: 20/08/2018].

MALONE, L. A. (1999). ***Relationship between performance characteristics and player classification in wheelchair basketball shooting.*** Tese de Doutorado. Universidade de Alberta, Edmonton, 1999.

MALONE, L.A., GERVAIS, P.L., STEADWARD, R.D. Parameters of ball release in wheelchair basketball free throw shooting. **In International Symposium on Biomechanics in Sports**, 17., 1999, Perth, Western Australia, apresentação oral, 1999.

MALONE, L. A., GERVAIS, P. L., STEADWARD, R. D. Shooting mechanics related to player classification and free throw success in wheelchair basketball. ***Journal of Rehabilitation Research and Development.*** v. 39, n. 6, p. 701-710, 2002.

MOLIK, B et al. The international wheelchair basketball federation's classification system: the participants' perspective. ***Kinesiology: International journal of fundamental and applied kinesiology.*** v. 49, n. 1, p. 117-126, 2017.

SALTAN, A.; ANKARALI, H. *The Role of Trunk Stabilization in Functional-Classification Levels in Wheelchair Basketball.* ***Journal of sport rehabilitation,*** v. 26, n. 4, p. 287-293, 2017.

SANTOS, S.S. ***Correlação da classificação funcional de atletas de basquete em cadeira de rodas com análise isocinética dos flexores, extensores e limites de estabilidade do tronco.*** 2013. 78 f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SCHÖLLHORN, W. Practical consequences of biomechanically determined individuality and fluctuations on motor learning. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMECHANICS, 17, 1999a, Calgary. **Book of**

abstracts, XVIIth Congress of the International Society of Biomechanics, Calgary: Holly Hanna, 1999a. p.147.

SCHÖLLHORN, W.; STEFANYSHYN, D.; NIGG, B. LIU, W. The effect of shoe heel height on walking patterns of females. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMECHANICS, 17, 1999b, Calgary. **Book of abstracts of XVIIth Congress of the International Society of Biomechanics**, Calgary, Holly Hanna, 1999b. p.255.

TEJERO, J. P. et al. Análisis biomecánico del tiro libre en jugadores de baloncesto en silla de ruedas según su clasificación funcional. **Red: revista de entrenamiento deportivo**, v. 30, n. 3, p. 12-22, 2016.

TORRES, J. O.; MENZEL, H.-J. Análise do padrão de movimento através da análise fatorial e funções ortogonais de referência. **I Semana do Conhecimento da UFMG. IX Semana de Iniciação Científica**. Belo Horizonte. 2000. p.103.

TORRES, J. O. **Análise biomecânica do padrão de movimento do arremesso no basquetebol em cadeira de rodas** 2003, 76 f. Dissertação de Mestrado. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

TWEEDY, S. M., BECKMAN, E. M., CONNICK, M. J. "Paralympic classification: conceptual basis, current methods, and research update." **Paralympic Sports Medicine and Science**. v. 6, p. 11-17, 2014.