



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE
(BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA)**

ANÁLISE CINEMÁTICA DE COBRANÇAS DE PÊNALTIS

MARTIN WISIAK

Orientador: Dr. Sergio Augusto Cunha

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade (área de Biodinâmica da Motricidade Humana).

Novembro - 2006

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, prof. Dr. Sergio Augusto Cunha, pela oportunidade, paciência e orientação.

Aos professores membros da banca examinadora, prof. Dr. Luciano Allegretti Mercadante, prof. Dr. Cláudio Alexandre Gobatto, Prof. Dr. Ronald Dennis Paul Klive Ranvaud e Prof. Dr. Sergio Rodrigues Tosi e Prof. Dr. Edgard Morya. Obrigado pelo aceite e pela contribuição para a conclusão de meu Mestrado.

Agradecer à diretoria e comissão técnica do Rio Claro Futebol Clube, por permitir a realização das coletas e principalmente ao grande amigo Mário (Guru), também membro da comissão técnica, cuja presença foi indispensável para a realização das coletas.

Aos integrantes do Laboratório de Análises Biomecânicas - Lábio – Unesp/Rio Claro: Felipe, Paulo (Preto), Renato e Fábio. Obrigado pela força.

Ao pessoal do Departamento de Educação Física e da Pós-Graduação e, principalmente, ao Aurélio, Paulão, Mauro e Maurício que me auxiliaram muito para poder disponibilizar material e condições para a realização dos pilotos.

Aos meus grandes amigos de República Otinários: Fabiano, Adal e Ricardo (Tatá). Obrigado pelo grande apoio desde a Graduação. E a todos os meus colegas e amigos da Unesp.

Quero agradecer aos meus parentes, irmãos Thomas e Liane e aos meus pais, Wilhelm e Angela, pelo carinho, exemplo de educação e incentivo.

Por fim, à minha esposa, Thaís, obrigado pelo apoio, carinho, amor, por me ajudar nos momentos difíceis, principalmente por estar ao meu lado e poder compartilhar com você os bons momentos de minha vida!!!

Quero agradecer a todos que de alguma forma me auxiliaram para a conclusão desta Dissertação e conseqüentemente de meu Mestrado.

Obrigado por tudo!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

RESUMO

As cobranças de pênaltis podem apresentar um papel decisivo no resultado de uma partida e principalmente em grandes competições do Futebol. Mesmo sendo conhecida sua importância no esporte, é pequena a atenção desenvolvida pela literatura científica e técnica acerca desse evento. Portanto, é necessário o desenvolvimento de estudos voltados a análises das cobranças para obter informações que possam explicar fatores que proporcionam o sucesso dos goleiros frente às cobranças. O presente estudo realizou análise cinemática da velocidade da bola (VB), velocidade média dos cobradores (VC), distância da corrida (DC) e tempo de antecipação dos goleiros (TA) entre as cobranças convertidas em gol (CG) e defendidas (CD) em cobranças de pênaltis. Participaram do estudo 12 atletas de futebol de campo profissional da equipe Rio Claro Futebol Clube, divididos em 3 equipes por sorteio. Cada equipe era composta por 1 goleiro e 3 cobradores. Foram filmadas disputas alternadas entre as equipes totalizando 44 cobranças. As imagens foram armazenadas em um computador por uma placa de captura. Foi utilizado o *software* Dvideow para obter as coordenadas bidimensionais dos atletas e tridimensionais da bola em função do tempo. Para verificar a correlação entre as variáveis de VB e da corrida dos cobradores, foi utilizado o teste de correlação de *Pearson*. Para verificar diferenças entre as variáveis do estudo, foi utilizado o *Boxplot* e os dados foram representados pela respectiva mediana. Obteve-se a seguinte classificação: 25 CG (57%), 14 CD (32 %), 4 na trave (9%) e 1 para fora do gol (2%). Não foram verificadas correlações entre as VC em relação às VB entre as CG e CD ($r=-0.0678$, $r^2=0.0046$, $p=0.6817$) e

entre as VC com as respectivas AC ($r=0.2651$, $r^2=0.0703$, $p=0.1028$). Não existem diferenças significativas entre os valores das VB nas CG (98.5 km/h) e CD (94.6 Km/h), assim como da DC (CG 4.4 x CD 4.4 m), VC (CG 2.5 x CD 2.1 m/s) e TA (CG 700 x CD 750 ms). No entanto, foi verificada diferença significativa entre os valores da VB das CG e CD que foram direcionadas para a região do gol de lado oposto ao membro de chute (CO) (101.2 km/h) em relação as que foram direcionadas para a região do gol de mesmo lado ao membro de chute (CL) (93.6 Km/h). Essa diferença dos valores de velocidades da bola pode justificar o melhor desempenho dos goleiros diante das cobranças CL em relação às CO.

Palavras-chave: Análise cinemática, cobranças de pênaltis, defesa de goleiros, corrida dos cobradores e velocidade da bola.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	04
2.1 Cobranças de pênaltis.....	04
2.1.1 Análise das estratégias adotadas pelos goleiros.....	04
2.1.2 Análise da velocidade da bola em cobranças de pênaltis.....	15
3 JUSTIFICATIVA.....	20
4 OBJETIVOS.....	22
4.1 Objetivo geral.....	22
4.2 Objetivos específicos.....	22
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
5.1 Participantes.....	24
5.2 Filmagem.....	24
5.3 Protocolo.....	27
5.4 Descrição das cobranças.....	29
5.5 Análise cinemática de cobranças de pênaltis.....	33
5.5.1 Velocidade de saída da bola.....	33
5.5.1.1 Armazenamento das imagens.....	34
5.5.1.2 Calibração e sincronização das câmeras 2 e 3.....	34
5.5.1.3 Medição da posição da bola em tela nas imagens.....	35
5.5.1.4 Reconstrução tridimensional.....	36
5.5.2 Análise da corrida dos cobradores e da defesa dos goleiros.....	37
5.5.2.1 Medição.....	38
5.5.2.2 Calibração e reconstrução 2D.....	42
5.6 Acurácia.....	45
5.6.1 Acurácia do sistema de reconstrução 3D.....	45
5.6.2 Acurácia do sistema de rastreamento dos atletas.....	46
5.7 Tratamento e análise dos dados.....	48
6 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
7 CONCLUSÃO.....	68
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
9 ABSTRACT.....	77

1 – INTRODUÇÃO

Quando se fala em futebol, esporte que no decorrer dos anos atingiu grande evolução, um alto nível de performance é exigido das equipes e a necessidade e o interesse de estudos a respeito da modalidade são uma consequência natural (BINOTTO, 1999).

Várias áreas de pesquisa têm como objetivo estudar o futebol. Desta forma, a multidisciplinariedade e interdisciplinaridade dos profissionais envolvidos em pesquisas no futebol são de fundamental importância para o entendimento das características que compõem este fenômeno nos diferentes aspectos (LOPES, 2001).

Para que haja crescimento e evolução no futebol como em outros esportes, é necessário que os profissionais dirijam sua atenção para estudos científicos, pois, somente baseando-se em critérios muito bem fundamentados poderemos utilizar estratégias mais seguras e dar melhores condições de apoio ao atleta (BINOTTO, 1999).

As cobranças de pênaltis podem apresentar um papel decisivo no resultado de uma partida e principalmente em grandes competições (KUHN, 1988; MORYA et al., 2003a). Recentemente diversos torneios foram decididos no método de cobranças de pênaltis incluindo a Copa do Mundo (edições de 1994 e 2006), torneio mais importante desse esporte (WILLIAMS; BURWITZ,

1993; McGARRY; FRANKS, 2000; WISIAK, 2001; MORYA et al., 2003a; MORYA et al., 2003b).

No entanto, mesmo sendo conhecida sua importância no esporte, é pequena a atenção desenvolvida pela literatura científica e técnica acerca desse evento (MORYA et al., 2003b).

A análise das cobranças de pênaltis é importante para diminuir as dúvidas existentes em relação ao evento (WISIAK; CUNHA, 2004).

Estudos voltados à análise de cobranças de pênaltis se concentram na investigação das estratégias adotadas pelos goleiros, principalmente a antecipação dos saltos diante das cobranças de pênaltis (KUNH, 1988; MCMORRIS et al., 1993; WILLIAMS; BURWITZ, 1993; MACMORRIS; HAUXELL, 1997; SVELSBERGH, 2002; MORYA et al., 2003a; WISIAK; CUNHA, 2004). Mesmo sendo um procedimento de maior preferência adotado pelos goleiros, não apresentam um bom aproveitamento segundo estudos (KUNH, 1988; MORYA et al., 2003a).

Portanto, é indicado aos goleiros que realizem o procedimento de defesa instantes após a cobrança ser realizada, aumentando também as chances de acerto do local do gol onde será direcionada a bola.

No entanto, a velocidade da bola pode interferir no desempenho dos goleiros, pois o desempenho dos goleiros que não realizam a antecipação do salto diante das cobranças diminuiu em estudos recentes. Isso pode ser explicado devido ao fato dos valores da velocidade da bola terem aumentado proporcionando menor tempo para os goleiros realizarem a movimentação de defesa (MORYA et al., 2003a).

O desenvolvimento de estudos voltados a análises do procedimento de defesa bem como sua relação com variáveis envolvidas no evento são necessárias para obter informações que possam explicar alguns fatores que proporcionam o sucesso dos goleiros frente às cobranças.

Diante dos fatos apresentados, o presente estudo visa verificar se existem variáveis que se manifestem diferentemente em relação às cobranças convertidas e defendidas. Serão analisadas a velocidade da bola, o comportamento da corrida de aproximação dos cobradores e a antecipação da movimentação de defesa dos goleiros em cobranças de pênaltis.

As análises serão realizadas através da simulação de disputas alternadas de forma a reproduzir condições próximas da situação de jogo, contribuindo para um maior esclarecimento do evento estudado.

2 – REVISÃO DA LITERATURA

2.1 – Cobranças de pênaltis

2.1.1 Análise das estratégias adotadas pelos goleiros

A maior parte dos estudos disponíveis na literatura acerca do pênalti visa analisar o comportamento dos goleiros e suas estratégias adotadas (KUHN, 1988; SUZUKI et al., 1988; MCMORRIS et al., 1993; WILLIAMS; BURWITZ, 1993; MACMORRIS; HAUXELL, 1997; SAVELSBERGH, 2002; MORYA et al., 2003a; WISIAK; CUNHA, 2004).

Suzuki et al. (1988) relataram que, de todo o conjunto de movimentos específicos e de habilidades que o goleiro precisa dominar para intervir com sucesso o ataque adversário, muito pouco tem sido analisado pela biomecânica no que diz respeito aos saltos que os goleiros fazem para defender um pênalti. Esta forma de movimentação é a mais típica de todas as técnicas apresentadas pelos goleiros. Foram observadas as condições de saltos para a realização de defesas de 2 goleiros mais experientes que atuam na Liga Japonesa de Futebol e de 2 menos experientes que atuam na Liga colegial de Futebol. Para a análise, os goleiros realizavam um pré-salto para frente sobre uma plataforma de força. No momento em que tocavam com os

pés sobre ela, eram informados de forma aleatória através de um sinal a saltarem em direção a um dos lados o mais rápido possível, onde se encontravam bolas distantes a 2.5 m de distância do centro da plataforma e em diferentes alturas em relação ao solo (0.3m, 0.9 m e 1.5 m). Foram filmadas as imagens por uma câmera de vídeo a uma frequência de 60 Hz e distante 12.5 m do goleiro. As imagens foram feitas no plano frontal de forma a analisar a velocidade horizontal, vertical e absoluta do centro de gravidade dos participantes. Foi verificado que goleiros mais experientes atingem a velocidade de 4 m/s num salto em mergulho, enquanto que os goleiros menos experientes desenvolveram uma velocidade de 3 m/s.

Kuhn (1988) analisou 66 cobranças de pênaltis de jogos da Liga Européia de Futebol durante o ano de 1981 a 1983 gravadas em vídeo. Foram analisadas a velocidade da bola e estratégias adotadas pelos goleiros diante das cobranças. A velocidade da bola foi obtida através do tempo necessário para percorrer a distância desde o momento em que a bola é tocada até o momento em que a bola passava pela linha de meta. Um fator limitante do estudo era a perspectiva das imagens, pois não permitia identificar com precisão o instante em que a bola ultrapassava a linha de meta. Foram identificadas 2 estratégias utilizadas pelos goleiros diante das cobranças. Na primeira, denominada GA, os goleiros saltam no momento ou logo após o contato do pé de chute do cobrador na bola. A segunda estratégia, denominada GB, os goleiros saltam antes do contato do pé de chute do cobrador na bola. Foi verificado que em 23% das cobranças analisadas os goleiros realizaram a GA e em 77% realizaram a GB. Foram defendidas 20% das cobranças.

Segundo o autor, o goleiro teria maior aproveitamento se realizar a GA. Em 60% das cobranças em que os goleiros realizaram a GA foram defendidas. E somente 7.8% das cobranças realizadas sob a forma GB foram defendidas.

Morya et al. (2003a) analisaram um total de 75 cobranças, sendo 38 cobranças de pênaltis de campeonatos de clubes Europeus e Sul Americanos no período de 2000 a 2002 (CM) e 37 cobranças da Copa do Mundo de 2002 (WC). As imagens das cobranças foram gravadas em vídeo e digitalizadas por computador. O software utilizado permitiu realizar uma análise por quadros a uma frequência de 30 Hz. O gol foi dividido em 24 retângulos em tela para identificar o local do gol em que foi direcionada cada uma das cobranças e também analisar a movimentação de defesa dos goleiros (Figura 1). A convenção da definição da região do gol em direita, esquerda e central é verificada do ponto de vista da perspectiva do cobrador.

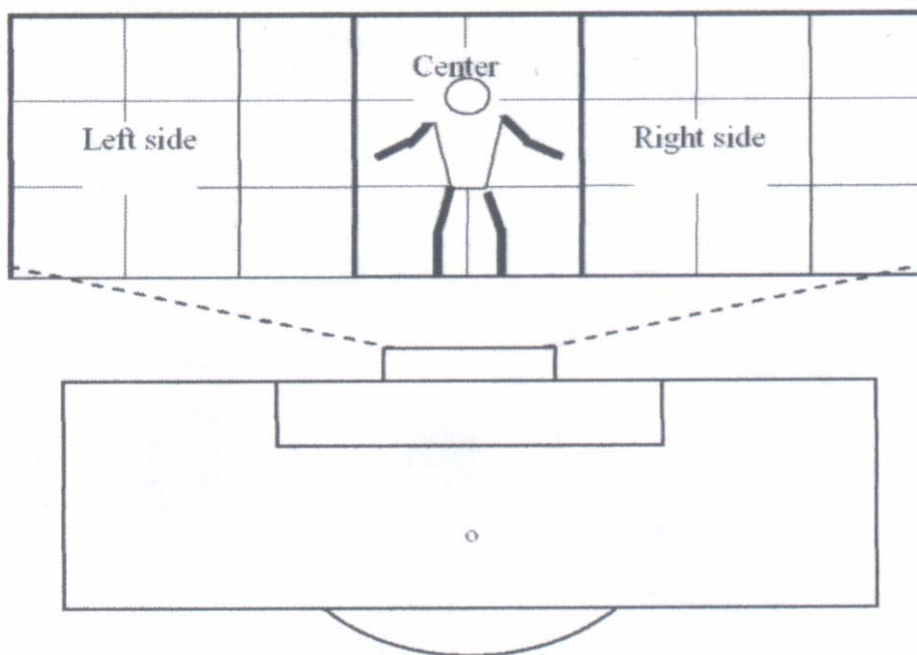


Figura 1. Divisão do gol em 24 quadrantes para definir o direcionamento das cobranças e da movimentação dos goleiros do ponto de vista do cobrador (MORYA et al., 2003a).

Foram convertidas 76% de todas as cobranças analisadas. Em relação às estratégias utilizadas pelos goleiros, foi verificado que os goleiros realizaram a GA em 40% das cobranças. Foram defendidas 36% das cobranças em que os goleiros realizaram a GA e defendidas 11% das cobranças em que os goleiros realizaram a GB. A diferença é menor que a apresentada por KUHN (1988). Ainda comparando as estratégias adotadas pelos goleiros, a GA demonstrou ser mais eficiente quanto ao acerto da direção da trajetória da bola por parte dos goleiros (GA 69% x GB 30% de acertos).

Wisiak e Cunha (2004) analisaram 110 cobranças de pênaltis do futebol de campo profissional de torneios nacionais e internacionais. As imagens foram gravadas em vídeo e em seguida digitalizadas a uma frequência de 30 Hz. Todas as cobranças apresentavam imagens no plano frontal e lateral. Foram verificadas duas diferentes formas de movimentação dos goleiros que compõem o procedimento de defesa. Uma se caracteriza pelo deslocamento do atleta à frente na forma de saltos ou passos (FDF). A outra forma se caracteriza pela execução do salto para um dos lados do gol (FS). O goleiro pode apresentar apenas uma das formas, assim como pode apresentar as duas intercaladas (FDF/FS). Nesse último caso, a FDF antecede a FS. A FDF tem início no momento em que pelo menos um dos pés do goleiro perde contato com o solo, caracterizando o início do seu deslocamento à frente. A FS se inicia no momento em que é verificado o início da flexão do quadril ou do joelho referente ao membro inferior do lado em que for realizado o salto. Quando ocorre a FDF/FS, o momento inicial é o mesmo da FS. Ficou caracterizado como antecipação do goleiro qualquer uma das formas citadas

anteriormente em que ocorre a FS, desde que iniciadas antes do cobrador tocar na bola. Isto se deve por ser a FS a forma de antecipação responsável pela movimentação do goleiro em direção à prevista trajetória da bola. Os goleiros se anteciparam em 89.1% das cobranças (46.4% - FS e 42.7% - FDF/FS). Ficou constatado que se o goleiro iniciar um salto em direção a um dos lados do gol com tempo superior a 167 ms antes do cobrador tocar na bola, poderá impedir a conversão da cobrança em gol. Em relação às cobranças defendidas (20%), foi verificado que todas foram realizadas também a partir da antecipação (9.1% - FDF/FS e 10.9% - FS). A seguir será apresentada a descrição das cobranças realizada pelo estudo (Figura 2).

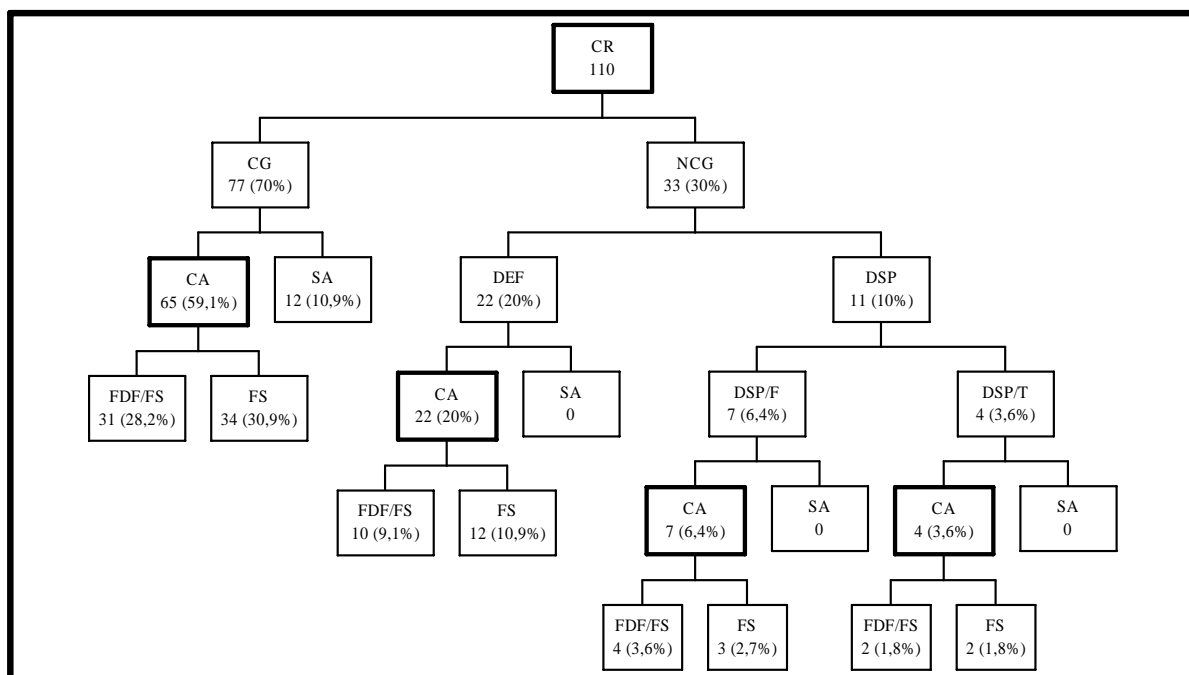


Figura 2. Figura apresentando a descrição das cobranças quanto as formas de antecipação citadas em relação aos seguintes critérios: CR – cobranças realizadas, CG – cobranças convertidas em gol, NCG – cobranças não convertidas em gol, CA – com antecipação, SA – sem antecipação, DEF – defendidas, DSP – desperdiçadas, DSP/F – desperdiçadas p/ fora e DSP/T – desperdiçadas na trave (WISIÁK; CUNHA, 2004).

Das cobranças realizadas, 89.1% tiveram sua trajetória direcionada para um dos lados do gol. Isso mostra a preferência dos cobradores em não direcionarem as cobranças para a região central do gol. Esse é um dado muito importante e vem ressaltar a necessidade dos goleiros efetuarem o salto para poderem apresentar maiores chances de efetuarem uma defesa (WISIÁK; CUNHA, 2004).

Bigatão et al. (2003) analisaram 37 cobranças de pênaltis realizadas na Copa do Mundo de 2002 utilizando o mesmo procedimento apresentado por Morya et al. (2003a). De todas as cobranças, 3 foram desperdiçadas (fora do gol ou trave). Das 34 cobranças restantes, 14 atingiram a região esquerda do gol (ponto de vista do cobrador), 5 atingiram a região central e 15 atingiram a região direita. Dessas cobranças, os goleiros defenderam 26% das cobranças da região direita, 21% das cobranças da região esquerda e 20% das cobranças da região central do gol. Em 22 cobranças, os goleiros saltaram antes do cobrador tocar na bola (média 81 ± 63 ms). Em 9 cobranças os goleiros saltaram após o contato (média 75 ± 44 ms). Nas outras 6 cobranças, os goleiros saltaram no momento do contato do cobrador na bola. Os goleiros que anteciparam às cobranças foram piores em relação ao acerto da direção da bola em relação aos goleiros que não se anteciparam às cobranças (27% x 53%). Além disso, os goleiros que anteciparam tiveram um poder defensivo menor em relação aos goleiros que não anteciparam (15% x 36%).

Wisiak et al. (2004) verificaram o local do gol em que os goleiros realizam maior quantidade de defesas em cobranças de pênaltis do futebol de campo através de uma análise descritiva de cobranças. Foram gravadas em

fitas de vídeo as imagens das cobranças transmitidas por canais de televisão de torneios nacionais e internacionais e analisadas da seguinte forma: cobranças realizadas (CR), cobranças convertidas em gol (CG), cobranças defendidas (CD), cobranças desperdiçadas (Cdesp) e quadrantes do gol (Q) em que ocorreram as CG e as CD. Para identificar o quadrante do gol em que foi convertida ou defendida cada uma das cobranças, foram utilizadas as imagens no plano frontal. A cada cobrança, com o auxílio de uma tela transparente sobreposta ao televisor, o gol foi dividido em 15 quadrantes imaginários dispostos em 3 linhas de 5 colunas (Figura 3).

Q1 CR - 4 CG - 4 CD - 0	Q4 CR - 4 CG - 4 CD - 0	Q7 CR - 0 CG - 0 CD - 0	Q10 CR - 2 CG - 2 CD - 0	Q13 CR - 1 CG - 1 CD - 0
Q2 CR - 11 CG - 10 CD - 1	Q5 CR - 9 CG - 3 CD - 6	Q8 CR - 10 CG - 9 CD - 1	Q11 CR - 6 CG - 4 CD - 2	Q14 CR - 10 CG - 10 CD - 0
Q3 CR - 13 CG - 11 CD - 2	Q6 CR - 9 CG - 6 CD - 3	Q9 CR - 1 CG - 1 CD - 0	Q12 CR - 10 CG - 5 CD - 5	Q15 CR - 9 CG - 7 CD - 2

Figura 3:Relação das cobranças realizadas (CR), CG e CD por quadrante (WISIAK et al., 2004).

Das cobranças analisadas, 70% foram convertidas, 20% defendidas e 10% desperdiçadas. As regiões do gol compostas pelos quadrantes Q2, Q3, Q5, Q6, Q8, Q12, Q14 e Q15 obtiveram juntas 73.64% das CR. Das cobranças defendidas, 27.27% foram realizadas no quadrante Q5 e 22.73% foram realizadas no quadrante Q12. Nos quadrantes superiores (Q1, Q4, Q7, Q10 e Q13) não foi verificada nenhuma defesa. A mesma situação ocorreu com os quadrantes Q9 e Q14. Na região central do gol, formada pelos quadrantes Q7,

Q8 e Q9 e que correspondente a posição inicial da maioria dos goleiros diante da situação de cobranças de pênaltis, foi verificada apenas 1 defesa (4.55%). Os autores verificaram que existe uma preferência dos goleiros de se deslocarem em direção às extremidades do gol e que os quadrantes Q5 e Q12 correspondem o local do gol onde os goleiros apresentaram maior número de defesas em cobranças de pênaltis.

Embora as formas de divisão do gol em quadrantes sejam diferentes entre os estudos, os dados apresentados permitem evidenciar a preferência dos goleiros em optarem por realizar o movimento de defesa de pênaltis em direção à uma das extremidades do gol, pois é maior o direcionamento da bola nas cobranças por parte dos cobradores para um dos lados do gol em relação a região central. Esse fato confirma a importância dos goleiros efetuarem o salto para um dos lados do gol para aumentarem as chances de defesas apresentadas por estudos acerca desse evento (KUNH, 1988; SUZUKI et al., 1988; MORYA et al., 2003a; WISAK; CUNHA, 2004).

No estudo de Williams e Burwitz (1993) foram analisados goleiros semiprofissionais e amadores com a intenção de verificar qual a estratégia utilizada por eles para defenderem cobranças de pênaltis. Eles pesquisaram as estratégias de defesa dos goleiros mostrando imagens em tamanho natural de situações de pênaltis filmadas do ponto de vista do goleiro, de pé, no meio do gol. As imagens foram congeladas e analisadas em quatro momentos: 120 ms antes do chute, 40 ms antes do chute, no momento do impacto do pé com a bola e 40 ms depois da cobrança. Nas imagens registradas 120 ms antes da cobrança, os goleiros semiprofissionais acertaram o canto onde a bola iria em

50% das cobranças. Nas imagens de 40 ms antes do chute, o índice de acerto subiu para 62%. Nas imagens tiradas no instante do impacto, o acerto subiu para 82%. Nas imagens tiradas 40 ms depois do chute o acerto foi de 83%. O índice de acerto dos amadores em cada item foi 39, 54, 78 e 85%, respectivamente. Após o teste, os goleiros foram submetidos a um questionário respondendo sobre quais parâmetros haviam usado para tomar as decisões. Descobriram que prestar atenção na posição do quadril do batedor no momento da cobrança aumenta muita a chance do goleiro fazer a defesa, pois revela o canto em que o batedor irá chutar a bola.

McMorris et al. (1993) realizaram um estudo parecido voltado à situação de antecipação de goleiros de futebol de campo frente às cobranças de pênaltis. Tal estudo apresentou como objetivo a eficiência da antecipação diante de três estágios temporais com goleiros experientes. Os goleiros foram submetidos a uma análise visual de várias cobranças filmadas do ponto de vista do goleiro em diferentes momentos de execução: 2 quadros antes de o cobrador tocar na bola, no momento da cobrança e 2 quadros após o cobrador tocar na bola. A cada imagem apresentada, os goleiros precisavam indicar o provável lugar em que a bola atingiria o gol. Nas imagens apresentadas aos goleiros em 2 quadros após o cobrador tocar na bola, os goleiros puderam identificar com maior exatidão o local do gol onde a bola seria direcionada em relação aos outros dois estágios temporais, mas isso não garante que eles conseguiriam alcançar a bola. Nas imagens que apresentavam 2 quadros antes do cobrador tocar na bola e no momento da cobrança, os goleiros apresentaram igual desempenho.

Savelsbergh et al. (2002) utilizaram uma metodologia inovadora para examinar diferenças nas habilidades básicas de antecipação e comportamento visual de busca durante cobranças de pênalti no futebol de campo em 14 goleiros. Os goleiros analisados foram divididos em 2 grupos (experientes e não experientes). O grupo experientes era formado por 7 goleiros que jogavam na segunda divisão da liga profissional de futebol da Holanda com pelo menos 10 anos de experiência e $29.9 (\pm 7.1)$ anos de idade. O grupo não experientes era formado por 7 goleiros que jogam futebol apenas por recreação com tempo menor de experiência e $21.3 (\pm 1.4)$ anos de idade. Foram filmadas imagens de cobranças de pênaltis de dez jogadores da categoria juniores com $18.9 (\pm 1.5)$ anos de idade pertencentes ao PSV Eindhoven Football Club. As cobranças foram filmadas da perspectiva dos goleiros usando uma câmera de vídeo digital posicionada no meio do gol a uma altura de 1.77 m. Os cobradores tinham que direcionar a cobrança para áreas específicas do gol. O gol foi dividido em seis áreas, sendo que cada cobrador realizou duas cobranças em direção a cada uma das áreas, totalizando 120 cobranças. Para permitir a análise da antecipação do goleiro e do comportamento visual de busca durante as cobranças, foi utilizado uma tela grande (2.29 x 2.27 m) posicionada a 3.45 m dos goleiros, possibilitando tamanho e distâncias reais entre os goleiros e o local da cobrança. Os goleiros foram informados para mover um manche que se encontrava na altura da cintura em resposta às imagens de cobranças de pênaltis apresentados em vídeo. O comportamento visual de busca dos goleiros foi examinado usando um sistema do registro do movimento do olho. A proporção das cobranças salvas foi avaliada, assim como a frequência e o

tempo de iniciação de correções do manche. Os goleiros experientes foram mais precisos em predizer a direção das cobranças (35.7 contra 25.9%) e apresentaram diferenças sistemáticas nos comportamentos visuais de busca. Usam um teste padrão mais seletivo de busca e realizam poucos movimentos corretivos com o manche em relação aos não experientes. Os não experientes gastaram mais tempo fixando o olhar no tronco, nos braços e nos quadris. Já os experientes, fixavam o olhar em maior tempo na perna de chute, de apoio e na bola para obterem mais informações, particularmente próximo do momento do contato do pé de chute na bola. Nenhuma diferença no comportamento visual de busca foi observado entre as cobranças defendidas e convertidas em gol. Os goleiros experientes também foram mais exatos em identificar o lado do gol em que foram direcionadas as cobranças (83.8 contra 71.4%) e altura (38.5 contra 26.3%) assim como tendem a iniciar seus movimentos no manche em menor tempo antes da cobrança em relação aos não experientes (300 ms contra 500 ms antes do contato do pé de chute na bola) e são menores as correções nas cobranças (26 e 38% respectivamente).

Em relação à eficiência da antecipação dos goleiros diante das cobranças de pênaltis, pode-se notar que na maioria dos estudos apresentados, a antecipação demonstra não ser eficiente para realizar defesas (KUHN, 1988; BIGATÃO et al., 2003; MORYA et al., 2003a) enquanto o mesmo não é encontrado por Wisak e Cunha (2004).

Isso pode ser explicado devido às diferenças na definição do início do procedimento de defesa apresentado pelos estudos, tornando necessário novas análises em relação às estratégias adotadas pelos goleiros através de

uma metodologia que permita analisar o evento em condições próximas da situação de jogo e de forma a verificar o início da defesa com mais precisão, pois os goleiros já definem para onde supostamente será direcionada a cobrança cerca de 300 a 500 ms antes do cobrador tocar na bola como foi levantado por Savelsbergh et al. (2002).

2.1.2 – Análise da velocidade da bola em cobranças de pênaltis

De acordo com Levanon e Dapena (1998), o chute realizado com a parte medial do pé não possui muita potência, mas apresenta um poder de precisão muito superior aos demais chutes existentes no futebol. O pé de toque atinge a bola com a parte medial, ou seja, na articulação subtalar. Devido a maior precisão deste tipo de chute, a maioria dos jogadores de futebol o utilizam em situações de cobranças de pênaltis ou faltas próximas à área.

Ximenes (2002) realizou uma análise cinemática de dois tipos de chute (chute com o dorso e chute com a parte medial do pé). Participaram deste estudo 10 atletas destros do sexo masculino, estudantes do curso de Educação Física da Universidade Estadual Paulista / Campus Rio Claro-SP, todos com um histórico no processo de treinamento de mais de 4 anos no futebol. Este estudo teve como objetivo realizar uma análise cinemática comparando o chute realizado com o dorso do pé e o chute com a parte medial do pé, verificando a precisão dos chutes e descrevendo o comportamento dos segmentos do membro inferior. De acordo com os resultados encontrados, concluiu-se que o chute executado com a parte medial do pé possui um maior poder de precisão em relação ao chute realizado com o dorso do pé. O segmento coxa, do chute

executado com o dorso do pé, apresentou padrões cinemáticos diferentes do chute executado com a parte medial do pé, devido aos movimentos mais acentuados da pélvis e quadril. No chute executado com o dorso do pé, o segmento perna apresentou diferenças no padrão cinemático, proporcionado por uma maior flexão da articulação do joelho. Dos segmentos analisados em ambos os chutes, o segmento pé apresentou maiores diferenças entre os padrões cinemáticos, principalmente no final da ação do chute executado com a parte medial do pé, ocorrendo uma acentuada inclinação no sentido horário, objetivando atingir a bola com a região medial do pé.

Rodano e Tavana (1993) investigaram o chute com o dorso do pé em jogadores profissionais italianos. Foram utilizados dez sujeitos pertencentes ao AC Milan que realizaram cinco chutes com o dorso do pé após duas passadas na corrida de aproximação. Os resultados apontaram que a velocidade da bola ficou entre 79.2 km/h e 108 km/h, sendo que os dois melhores resultados (100.8 e 108 km/h) foram obtidos por dois jogadores (atacantes) considerados pelo treinador como os mais potentes do grupo. Foi verificado também o aumento das correlações entre velocidade do pé e velocidade da bola nas melhores situações e nos valores médios de chute. Tal constatação levou os autores a concluir que, dentre os indivíduos mais hábeis e técnicos no chute, variações mínimas da performance motora podem influenciar negativamente as características motoras do movimento quando se considera a variabilidade do indivíduo.

Lees e Nolan (2002) investigaram, através de uma análise tridimensional, a relação da velocidade da bola com a precisão do chute

executado com o dorso do pé. Os participantes selecionados foram dois jogadores de futebol profissional. Foi realizada uma simulação de pênalti, onde cada jogador executou 10 chutes, sendo 5 chutes com ênfase na potência (velocidade da bola) e 5 chutes com ênfase na precisão (alvo definido). Os resultados revelaram uma redução significativa da velocidade da bola em torno de 21.6 km/h quando os sujeitos tentaram acertar o alvo e constataram também que o aumento da velocidade da bola está relacionado com a diminuição da precisão.

Kuhn (1988) também verificou a velocidade da bola diante das cobranças de pênaltis. Isso foi possível através da análise do tempo de deslocamento da bola do instante em que ocorre o contato do pé de chute do cobrador na bola até o momento em que a bola ultrapassa a linha do gol. Foram verificados valores de 400 ms de deslocamento, equivalente a uma velocidade de 100 km/h, a 800 ms de deslocamento, representando uma velocidade de 50 km/h. O autor definiu lentas as cobranças com valores abaixo de 75 km/h e como rápida quando as velocidades apresentarem valores maiores em relação ao mencionado.

De acordo com o estudo de Morya et al. (2003a), a velocidade da bola obtida na WC foi de 115.2 km/h (\pm 21.6 km/h), mais rápido que os 93.6 km/h obtidos nos jogos CM e também maior em relação aos 75 km/h obtido anteriormente por Kuhn (1988). Isto pode explicar a diminuição do sucesso de cobranças defendidas sob a forma GA, como foi apresentado anteriormente, pois o tempo disponível para os goleiros alcançarem a bola conseqüentemente é menor.

Desio et al. (2005) investigaram o desempenho de dois jogadores italianos profissionais numa simulação de pênalti no futebol de campo. Os jogadores chutaram uma bola oficial em direção a um dos cinco alvos, dispostos horizontalmente numa altura de 1.7 m. Um alvo foi posicionado no centro do gol e os outros ficavam distantes 1.46 m e 2.92 m. Os voluntários eram instruídos a chutar a bola da marca do pênalti em direção a um dos cinco alvos escolhidos aleatoriamente pelo experimentador. Todas as tentativas foram filmadas em vista lateral e posterior e em seguida as imagens foram analisadas quadro a quadro para a investigação da precisão e velocidade da bola. Embora os jogadores fossem profissionais e não estavam em condições reais sob influência de estresse e fadiga, os dados indicaram um erro radial de 1.0 m (± 0.4), não havendo diferença significativa entre os alvos. A velocidade média da bola foi de 72.3 Km/h (± 7.91), não havendo também diferença significativa entre os alvos. Os autores concluíram que a precisão não foi significativamente afetada pela excentricidade dos alvos. Também foi verificada que a velocidade da bola com ênfase na precisão para acertar os alvos foi menor que a velocidade da bola apresentada na Copa do Mundo de 2002, com média de 115 km/h.

PlagenhoeF (1971) investigou os efeitos da corrida de aproximação do cobrador em relação à velocidade da bola em chutes realizados com o dorso do pé. Os resultados apresentaram que a velocidade da bola é superior quando a aproximação do cobrador não é realizada na mesma direção em relação a trajetória descrita pela bola, atingindo 104 km/h, enquanto apresenta uma velocidade de 90 km/h para a aproximação em mesma direção. A velocidade

de balanço da perna também é maior quando a aproximação para o chute é realizada diagonalmente.

Opavsky (1988) procurou estabelecer características cinemáticas lineares e angulares em chutes com a parte dorsal do pé com e sem deslocamento. Foram filmadas dois tipos de chutes de seis sujeitos a uma frequência de 60 Hz. Para os chutes com deslocamento, os sujeitos se posicionavam de seis a oito passos do local onde estava posicionada a bola. Cinco pontos foram analisados nas imagens: centro de gravidade do pé, coxa, perna, de todo o membro de chute e do pé mais a perna. Nas análises da velocidade linear do evento podem ser identificadas três fases gerais. A primeira fase é caracterizada pelo aumento da velocidade, a segunda é identificada pelo pico de velocidade e a terceira com a queda da velocidade. Em ambos os chutes os valores das velocidades apresentaram um comportamento parecido. Porém, nos chutes com deslocamento do cobrador, a velocidade da bola foi maior (110.8 km/h) em relação aos chutes sem deslocamento (84.5 km/h). Também foram verificados valores superiores da velocidade do quadril, joelho, tornozelo nos chutes com deslocamento. Entretanto, os chutes sem deslocamento apresentaram valores de aceleração mais elevados ocasionados provavelmente por um maior esforço muscular.

Portanto, analisar a velocidade da bola e a influência exercida pela corrida de aproximação do cobrador e possível relação com as cobranças convertidas em gol e defendidas, pode contribuir para um maior esclarecimento no que diz respeito às cobranças de pênaltis.

3 – JUSTIFICATIVA

A análise das cobranças de pênaltis é importante para contribuir no seu esclarecimento e possibilitar futuramente o aperfeiçoamento de métodos de treinamentos para esta situação (WISIAK; CUNHA, 2004).

Diante dos estudos apresentados na revisão da literatura, pode-se verificar a constante busca de informações precisas acerca da situação de cobranças de pênaltis. Mas são poucos os estudos que envolvem a situação próxima de jogo, mantendo ainda muitas dúvidas em relação a esse evento (WISIAK, 2001).

Em relação a análise da movimentação de defesa dos goleiros diante das cobranças de pênaltis, muitos estudos avaliam a importância da movimentação de salto do goleiro (KUNH, 1988; SUZUKI et al., 1988; MORYA et al., 2003a; WISAK; CUNHA, 2004) concentrando a investigação apenas nesse evento. Entretanto, Wisak e Cunha (2004) constataram que existe outra forma de movimentação que pode ser realizada pelo goleiro antes do salto, o deslocamento para frente (FDF), e que não é analisada.

Portanto, o presente estudo desenvolveu uma análise cinemática de cobranças de pênaltis através de uma simulação de cobranças de pênaltis em um campo de futebol seguindo o mesmo procedimento de decisões por

pênaltis do futebol de campo profissional (McGARRY; FRANKS, 2000) para possibilitar uma análise mais completa. Foram analisadas cinematicamente a corrida de aproximação dos cobradores, toda a movimentação de defesa dos goleiros e a velocidade de saída da bola em relação às cobranças convertidas em gol e defendidas de forma a contribuir com o aprimoramento dos métodos de treinamento dos atletas envolvidos.

Para um maior controle do experimento, o método biomecânico utilizado foi a cinemetria, definida como o conjunto de métodos que busca medir os parâmetros cinemáticos do movimento, realizando o cálculo das variáveis dependentes dos dados observados nas imagens, como posição, orientação, velocidade e aceleração do corpo ou de seus segmentos a partir da aquisição de imagens durante a execução do movimento (AMADIO, 1996). Com o auxílio do *software* Dvideow (BARROS et al., 1999), que baseado em videogrametria, permitiu analisar as imagens obtidas através das filmagens por câmeras de vídeo digital permitindo realizar a análise bidimensional da movimentação dos atletas (goleiros e cobradores) através da projeção de suas posições em campo e, a análise da velocidade da bola utilizando-se da reconstrução tridimensional.

4 - OBJETIVOS:

4.1 – Objetivo geral

- Analisar cinematicamente a velocidade da bola, velocidade média do cobrador, distância da corrida de aproximação do cobrador e tempo de antecipação dos goleiros diante das cobranças de pênaltis.

4.2 - Objetivos específicos:

- Analisar tridimensionalmente a velocidade de saída da bola diante das cobranças convertidas e defendidas;
- Analisar bidimensionalmente a movimentação de defesa dos goleiros para obter o tempo de antecipação diante das cobranças convertidas e defendidas;
- Analisar bidimensionalmente a corrida de aproximação dos cobradores diante das cobranças convertidas e defendidas;

- Analisar a correlação entre a velocidade média do cobrador com a velocidade de saída da bola;
- Analisar a correlação entre a distância da corrida de aproximação com a velocidade média dos cobradores.

5 – MATERIAL E MÉTODOS

5.1- Participantes

Para a realização deste trabalho foram convidados 12 participantes do sexo masculino, voluntários, com média de idade de 23.8 anos ($dp = 2.6$), sendo 3 goleiros e 9 jogadores. Um dos critérios para a escolha dos participantes foi a de que todos apresentassem idades superiores a 18 anos, garantindo participantes com desenvolvimento completo dos níveis maturacionais e das capacidades físicas. Os participantes são atletas praticantes de futebol de campo profissional da equipe do Rio Claro Futebol Clube da cidade de Rio Claro – S.P.

Os participantes assinaram um termo de consentimento que apresentava as informações sobre as condições para participação no estudo e que poderiam sem restrições, deixá-lo a qualquer momento que necessitassem. Este estudo foi aprovado pela comissão de ética do Instituto de Biociências da Unesp – Campus de Rio Claro (protocolo 2754, de 27/04/05).

5.2- Filmagem

Para as filmagens das cobranças foram utilizadas 4 câmeras de vídeo digitais JVC, modelo GR–DVL 9800u fixadas em tripés, das quais uma (câmera

1) posicionada lateralmente ao evento e no alto (arquibancada) focalizando toda a grande área (ajustada a uma frequência de 30 Hz de aquisição) para possibilitar a análise da projeção da corrida de aproximação dos cobradores e da movimentação de defesa dos goleiros (Figura 4).



Figura 4. Imagem gerada pela câmera 1 (30 Hz) situada na arquibancada para possibilitar a análise da projeção da corrida de aproximação dos cobradores e da movimentação de defesa dos goleiros.

Outras duas (ajustadas a uma frequência de 240 Hz de aquisição) posicionadas lateralmente ao evento e seus eixos óticos não co-planares entre si focalizando a bola posicionada inicialmente sobre a marca do pênalti. A partir dessas duas câmeras (câmeras 2 e 3) foi possível realizar a análise tridimensional da velocidade de saída da bola diante das cobranças (Figura 5).



Figura 5. Imagem gerada pelas câmeras 2 e 3 (240 Hz) respectivamente situadas lateralmente ao evento e não co-planares entre si para a análise tridimensional da velocidade de saída da bola.

Uma outra câmera (câmera 4), ajustada a uma frequência de 30 Hz de aquisição, foi posicionada fora da grande área focalizando o gol para classificar as cobranças (Figura 6). As cobranças foram analisadas a partir do instante em que o cobrador foi autorizado a executá-la através de um sinal sonoro (apito) até o momento em que se constatava um dos eventos (que serão apresentados no item 5.4) finalizando a análise.



Figura 6. Imagem gerada pela câmera 4 (30 Hz) situada fora da grande área focalizando o gol para classificar as cobranças.

Após as filmagens realizadas pelas câmeras 1, 2, 3 e 4, foram capturadas as seqüências de imagens desejadas e estas ficaram armazenadas no computador em formato de arquivos AVI (Audio Vídeo Interlece). Para isso foi utilizada uma placa de vídeo Studio DV da marca Pinnacle®.

Para possibilitar a análise cinemática das cobranças seguindo o objetivo deste estudo, foi utilizado o *software* Dvideow, desenvolvido por Barros et al. (1999) e aperfeiçoado por Figueroa et al. (2003a), no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica da Faculdade de Educação Física da UNICAMP, que baseado em videogrametria, permite obter a posição tridimensional da bola e bidimensional dos atletas em função do tempo pelo método de medição.

5.3 – Protocolo

Inicialmente foi realizado um aquecimento prévio para evitar riscos de contusões, com duração de aproximadamente 15 minutos, composto por uma corrida lenta, alongamentos e exercícios específicos que seriam utilizados na coleta. Após este aquecimento teve início a coleta.

Para garantir uma análise detalhada da condição próxima de uma situação de disputas de cobranças de pênaltis sem oferecer grandes interferências, os cobradores e goleiros foram divididos (através de um sorteio) em 3 equipes distintas (A, B e C) compostas cada uma por 3 cobradores e 1 goleiro.

Em seguida foram definidas as disputas entre as equipes também por sorteio. A primeira disputa definida foi de A x C, a segunda de B x C e a

terceira A x B. Após as três disputas, foi realizada uma final entre as duas equipes com melhor desempenho. A ordem em que os atletas realizaram as cobranças em cada equipe foi obtida por sorteio e mantida até o final da coleta.

Para cada uma das disputas, foram realizadas cobranças alternadas pelos cobradores seguidas dos goleiros. Obrigatoriamente cobradores e goleiros de cada equipe executaram uma cobrança, totalizando 4 disputas de cobranças alternadas. Nos casos em que houve empate após as 8 cobranças de uma disputa, foi realizado o sistema de uma cobrança alternada na mesma ordem de cobradores até obter uma equipe vencedora por disputa, seguindo o mesmo procedimento de decisões por pênaltis do futebol de campo profissional (McGARRY; FRANKS, 2000).

A questão motivacional dos atletas não foi prejudicada pelo protocolo adotado. Mesmo não sendo possível reproduzir os aspectos psicológicos presentes nas disputas de campeonatos oficiais do Futebol, os atletas demonstraram estar motivados durante todo o experimento pois buscaram a todo momento superar o adversário.

Foram filmadas um total de 44 cobranças em 4 disputas apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1. Apresentação do sistema de disputas por pênaltis entre as equipes A, B e C e o número de cobranças realizadas (CR) por disputa .

DISPUTAS	CR
1- A 4x3 C	14
2- B 4x5 C	12
3- A 2x1 B	10
FINAL- A 4x2 C	8

Ficou a critério dos cobradores a distância da corrida de aproximação e aos goleiros o procedimento de salto para realizar as defesas, evitando possíveis influências no padrão de movimento de cada participante mantendo a naturalidade do evento.

5.4 - Descrição das cobranças

Para auxiliar na análise das cobranças, inicialmente o gol foi dividido em 6 quadrantes imaginários, 3 superiores e 3 inferiores (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5 e Q6) e conseqüentemente em 3 regiões distintas (região esquerda (RE), composta pelos quadrantes Q1 e Q2, região central (RC), composta pelos quadrantes Q3 e Q4 e região direita (RD), composta pelos quadrantes Q5 e Q6). Com base em uma imagem do gol obtida pela câmera 4 e com o auxílio do *software* Dvideow, foi possível determinar os valores das coordenadas de *pixels* dos doze pontos responsáveis pela formação dos quadrantes. Para isso bastou centralizar o cursor em cada ponto para obter as referidas coordenadas e anotadas para posteriormente serem utilizadas para a identificação dos quadrantes em que foram direcionadas as cobranças (Figura 7).



Figura 7. Imagem do gol com os respectivos quadrantes e as regiões esquerda (RE), central (RC) e direita (RD) para auxiliar na classificação das cobranças. A divisão foi obtida através dos 12 pontos cujas posições são definidas pelas respectivas coordenadas de *pixels* da mesma forma do ponto em destaque.

A definição do gol em relação a região em que foi direcionada a bola se fez da perspectiva do cobrador adaptada do sistema de análise de cobranças apresentado por Morya et al. (2003a).

Com base nas imagens oferecidas pela câmera 4, as cobranças foram classificadas de acordo com as tabelas 2, 3, 4 e 5.

Tabela 2. Classificações das cobranças e suas respectivas siglas.

Classificações das cobranças	Sigla
Convertidas em gol	CG
Defendidas	CD
Fora do gol	FG
Trave	T

Tabela 3. Classificações das cobranças quanto ao tipo de chute e suas respectivas siglas.

Classificações das cobranças	Sigla
Realizadas com a parte medial do pé	M
Realizadas com a parte dorsal do pé	D

Tabela 4. Classificações das cobranças quanto a região do gol em que foi direcionada a bola e suas respectivas siglas.

Classificações das cobranças	Sigla
Direcionadas para a região esquerda do gol	RE
Direcionadas para a região central do gol	RC
Direcionadas para a região direita do gol	RD

Tabela 5. Classificações das cobranças CG e CD quanto a direção da bola diante das cobranças e suas respectivas siglas. Para a presente classificação, não foram consideradas as cobranças na RC.

Classificações das cobranças	Sigla
Direcionadas para a região do gol de lado oposto ao membro de chute	CO
Direcionadas para a região do gol de mesmo lado ao membro de chute	CL

Em relação a classificação das cobranças em CO e CL apresentadas na tabela 5, foram analisadas para este caso apenas as CG e CD. Quanto a este critério, fica classificada como CO as cobranças que foram direcionadas por cobradores destros para a RE e as cobranças direcionadas por cobradores sinistros para a RD do gol. De forma contrária, as CL são as cobranças direcionadas por cobradores destros para a RD e as direcionadas por cobradores sinistros para a RE do gol. Nesse caso não são consideradas as cobranças direcionadas na RC.

Para que fosse possível identificar ao longo das cobranças em quais quadrantes ocorreram os eventos CG, CD, FG e T, foi posicionado o cursor sobre o centro da bola na tela no momento em que era verificado cada um dos eventos nas imagens com o uso do referido *software*. Em seguida, a coordenada em *pixels* obtida era analisada diante das informações apresentadas no processo descrito anteriormente pela figura 7, permitindo identificar o referido quadrante.

Para determinar o momento em que ocorriam os eventos CG e FG e consequentemente identificação dos referidos quadrantes, foi verificado o número de quadros necessários para a bola aproximar-se da linha de meta. Isto foi possível através da relação da distância média percorrida pela bola (11 m) e a velocidade inicial da bola obtida em cada cobrança.

Por fim, foi avaliado o índice de acerto obtido pelos goleiros em relação ao lado do gol em que foram direcionadas as cobranças. O gol foi dividido ao meio baseando-se nas informações obtidas pelas coordenadas de *pixels*. Assim, foi possível constatar se o goleiro deslocou para o mesmo lado ou não em que foi direcionada a cobrança. Quando constatado que o goleiro se deslocou para o mesmo lado em que foi direcionada a cobrança, independente do quadrante, ficou caracterizado acerto por parte do goleiro. Esta análise também foi possível com as imagens geradas pela câmera 4 (Figura 8).



Figura 8. Representação da divisão do gol ao meio por uma linha horizontal (branca) através das coordenadas de *pixels* justificando o acerto do goleiro em relação ao lado do gol onde foi direcionada a cobrança (Lado esquerdo - LE e lado direito - LD).

5.5 – Análise cinemática das cobranças de pênaltis

Para permitir a calibração, sincronização (entre as câmeras 2 e 3) e medição das imagens possibilitando realizar a análise tridimensional da velocidade da bola e bidimensional da velocidade média do cobrador, distância da corrida de aproximação do cobrador e da movimentação de defesa do goleiro para obter o tempo de antecipação em cobranças de pênaltis, foi utilizado o *software* Dvideow mencionado anteriormente.

5.5.1 - Velocidade de saída da bola

- Armazenamento das imagens
- Calibração e sincronização câmeras 2 e 3
- Medição da posição da bola em tela nas imagens
- Reconstrução tridimensional da posição da bola

5.5.1.1 - Armazenamento das imagens

Após o procedimento de captura das imagens desejadas pelas câmeras 2 e 3 mencionado anteriormente, ocorre o desentrelaçamento destas imagens (separação dos *fields*). A frequência de registro de *fields* é duas vezes a frequência de registro dos *frames*. Os *frames* consistem da justaposição de *fields* ímpares e pares quando o sistema de reprodução usa o formato entrelaçado, por exemplo a TV comercial. Para possibilitar o entrelaçamento das imagens a fim de obter a seqüência do movimento da bola com a frequência desejada, utiliza-se o compactador “*Indeo video 5.11*” ®. Este procedimento foi realizado através do *software* mencionado anteriormente assim como o processo de medição, calibração, sincronização e reconstrução tridimensional.

5.5.1.2 - Calibração e sincronização

Antes de iniciar as filmagens das execuções das cobranças, foi colocado um calibrador com dimensões conhecidas iguais a 564 cm de altura, 724 cm de largura e 975 cm de profundidade, possuindo 8 pontos com posições absolutas conhecidas em relação ao referencial que é o sistema dos eixos cartesianos x , y e z . O calibrador foi posicionado próximo à marca do pênalti ocupando a área do deslocamento inicial da bola. O sistema de referências utilizado foi determinado com o eixo z coincidindo com a vertical (orientado para cima), o eixo y em direção ao gol, formando uma linha imaginária ortogonal com a linha de fundo (orientado no ponto médio do gol), ortogonal ao eixo z e o eixo x definido pelo produto vetorial de z por y (Figura 9).

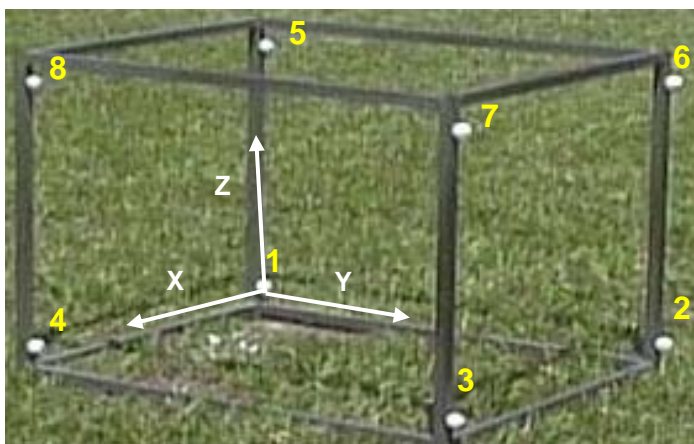


Figura 9. Representação do objeto calibrador com 8 pontos conhecidos utilizados para a calibração e reconstrução das imagens responsáveis pelo deslocamento inicial da bola em 3D e a representação do sistema de referência utilizado (x, y, z).

As imagens do calibrador capturadas pelas câmeras (2 e 3), permitiram realizar a calibração das mesmas seguindo o processo de digitação dos valores das coordenadas cartesianas e da localização na tela de cada um dos pontos de referência das imagens de cada câmera.

Para realizar a sincronização bastou verificar alguns eventos que ocorrem simultaneamente nas duas câmeras que focalizaram o deslocamento inicial da bola. Neste caso foi verificado um evento sonoro (apito) e o instante em que o cobrador toca na bola. Posteriormente foi identificado os quadros correspondentes aos eventos mencionados nas câmeras 2 e 3.

5.5.1.3 - Medição da posição da bola em tela nas imagens

Nesse caso, a medição consiste no processo de obter as coordenadas bidimensionais de tela relativas às posições da bola nas seqüências de imagens (Figura 10). Ela pode ocorrer de forma manual e/ou automática. Neste

estudo foi realizada a medição automática com a interferência do operador em alguns momentos para realizar correções necessárias quando não foi possível identificar o deslocamento da bola em algum instante.



Figura 10. Procedimento de medição que possibilita obter as coordenadas bidimensionais de tela relativa às posições da bola nas seqüências de imagens geradas pela câmera 3.

5.5.1.4 - Reconstrução tridimensional da posição da bola

O deslocamento da bola nas cobranças de pênaltis é um evento tridimensional, mas para quantificá-lo, este estudo apóia-se em uma metodologia que utiliza as imagens, que são bidimensionais e, por isso, necessita da execução da reconstrução tridimensional.

O processo utilizado para a reconstrução tridimensional foi o DLT (Direct Linear Transformation) proposto por Abel-Aziz e Karara (1971) que é um método de equações aplicado para quantificar os parâmetros da reconstrução (BARROS et al., 1999).

Sendo assim, a partir da seqüência de imagens do deslocamento da bola, geradas por câmeras diferentes, foi realizada a reconstrução tridimensional, no *software* Dvideow, que consiste na localização do ponto que representa o centro da bola no espaço tridimensional com as posições relativas

no espaço para a obtenção das coordenadas espaciais dispostas em forma de matriz (**x**, **y** e **z**) em função do tempo.

Após o processo de reconstrução, o *software* Dvideow produz um arquivo com a estrutura de uma matriz distribuída em 4 colunas (Figura 11), sendo:

1ª coluna: número do quadro referente ao tempo;

2ª coluna: coordenada **x** referente à posição da bola no espaço tridimensional;

3ª coluna: coordenada **y** referente à posição da bola no espaço tridimensional;

4ª coluna: coordenada **z** referente à posição da bola no espaço tridimensional;

1	32.24	5.46	4.72
2	29.93	11.77	6.68
3	31.63	20.35	7.52
4	35.84	31.76	8.95
5	37.51	42.39	10.62
6	39.29	52.19	12.32
7	41.24	62.35	14.32
8	43.30	73.52	16.14
9	44.82	81.92	17.72
10	47.12	93.55	19.21

Figura 11. Representação de matriz com as 4 colunas referentes aos quadros e as coordenadas x, y e z referentes à posição da bola no espaço tridimensional em centímetros.

5.5.2- Análise da corrida dos cobradores e da defesa dos goleiros

Para obter as coordenadas bidimensionais dos atletas em função do tempo através da análise cinemática seguindo o objetivo desse estudo, serão realizados os seguintes procedimentos:

- Medição
 - Segmentação
 - Rastreamento
- Calibração e reconstrução 2D

5.5.2.1- Medição

Após o armazenamento das imagens geradas pela câmera 1, as imagens foram processadas sem fazer o desentrelaçamento dos campos a fim de obter a frequência desejada de 10 Hz através do referido *software*.

A medição consiste no processo de obter as coordenadas bidimensionais de tela relativas às posições de cada atleta (cobrador e goleiro) nas seqüências de imagens. Neste caso foi realizada a medição automática, com a interferência do operador para realizar correções necessárias nos casos em que não foi possível identificar a movimentação de um dos participantes em alguns instantes. (Figura 12).



Figura 12. Procedimento da medição da corrida de aproximação do cobrador e da movimentação de defesa do goleiro desde a autorização da cobrança até o momento em que o cobrador toca na bola através da imagem gerada pela câmera 1.

A medição automática envolve dois processos que possibilitam que um determinado jogador seja identificado nos quadros que formarão a seqüência de imagens:

- ▶ Segmentação
- ▶ Rastreamento

▶ Segmentação

A segmentação tem por objetivo detectar os elementos de interesse (no caso goleiros e cobradores) e separá-los dos demais elementos (como campo, placas e arquibancadas). Para isto, o *software* Dvideow apresenta uma

interface com blocos para realizar a segmentação. Cada bloco corresponde a um algoritmo utilizado na segmentação (Figura 13).

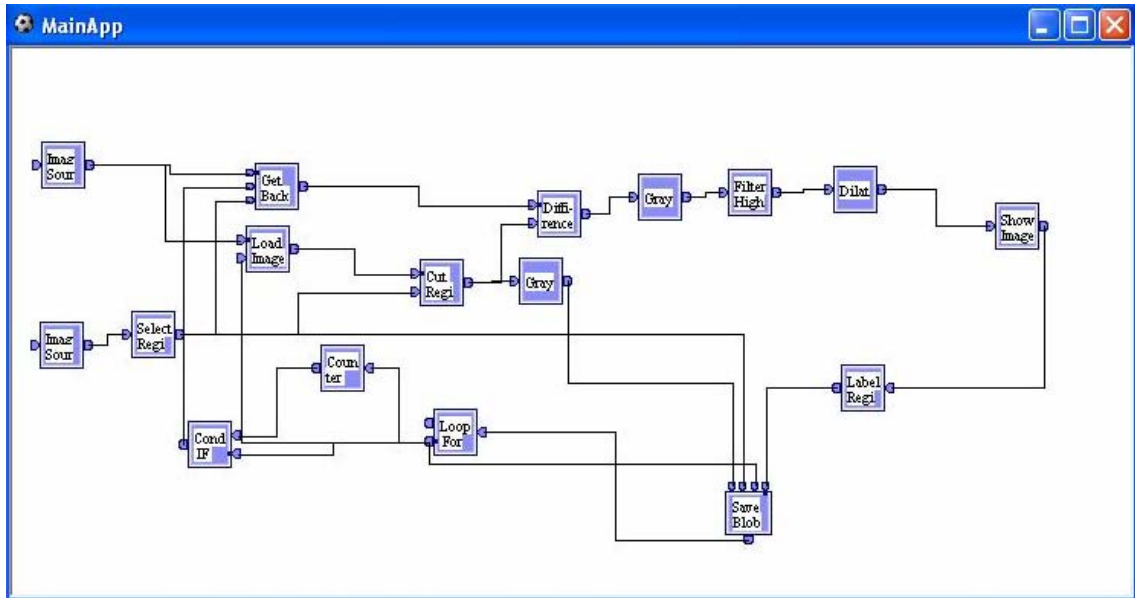


Figura 13. Interface do sistema Dvideow para realizar a segmentação.

A segmentação considera o relevo topográfico definido pelo jogador em determinada região do campo. O relevo topográfico é uma forma de designar a região que pode corresponder ao atleta na imagem, pois apresenta intensidades de cores distintas em relação ao fundo, que é de cor preta após a extração do fundo.

O processo de segmentação que envolve a filtragem morfológica dos elementos de interesse está descrito em Figueroa et al. (2003b) e é resumido por Misuta (2004) da seguinte forma:

1. Seleção da região de interesse;
2. Remoção do fundo realizado por um filtro de movimento;

3. Aumento dos picos da imagem usando operações de pré-processamento como erosão e outros;
4. Detecção dos contornos pela aplicação do gradiente;
5. Cálculo dos valores da dinâmica, dos mínimos regionais e seleção nestas regiões dos valores maiores;
6. Considerando as regiões obtidas, determinação de suas linhas divisórias de águas;
7. Eliminação de algumas regiões de acordo com parâmetros associados à estrutura morfológica dos marcadores, tais como, perímetro, área e alongamento.

Após todo este processo, a imagem é binarizada e as regiões conexas encontradas são rotuladas e recebem o nome de *blobs*. Cada *blob* possui informações sobre tamanho (número de *pixels* que representa cada atleta), cor, perímetro e coordenadas bidimensionais que representam sua projeção no campo, definindo a posição do atleta.

► Rastreamento

Após a segmentação aplicada na seqüência de imagens, é obtido um conjunto de pontos discretos que podem corresponder à trajetória dos atletas, mas ainda podem não estar associados às trajetórias dos respectivos atletas.

Segundo Figueroa et al. (2003b), o rastreamento de um atleta consiste em selecionar um *blob* inicial e procurar nos quadros seguintes um *blob* com maior correlação ao anterior, considerando as características extraídas e a

distância entre a posição em que o *blob* foi localizado e a posição esperada, obtida por predição.

O rastreamento é feito para cada atleta separadamente, de forma que o operador seleciona o atleta no primeiro frame e ao longo das seqüências de imagens o *software* permite construir sua trajetória.

O rastreamento de atletas isolados, como no caso de cobranças de pênaltis, é um problema menos complexo se comparado com situações em que ocorre a oclusão, presente em análises de uma partida (FIGUEROA et al., 2003b).

Nos casos em que é verificada a oclusão de atletas, Misuta (2004) relata que, diante dos métodos existentes, a teoria de grafos é uma forma que pode ser utilizada para possibilitar o rastreamento dos jogadores de forma separada.

5.5.2.2 - Calibração e reconstrução 2D

Para analisar a movimentação dos atletas (cobradores e goleiros), foram consideradas suas projeções sobre o plano determinado pelo sistema de coordenadas bidimensionais (x, y). Para isso, a câmera 1 deve ser inicialmente calibrada a partir de, no mínimo, quatro pontos conhecidos no sistema de coordenadas associadas ao campo e as suas correspondentes coordenadas na imagem (Figura 14). Esses pontos foram representados por pequenos marcadores de plástico de cor laranja utilizados para o treinamento de atletas de futebol de campo posicionados sobre uma folha branca de 21 x 30 cm centralizados em cada um dos pontos. O uso desses pequenos marcadores

possibilita o contraste com a folha branca permitindo maior precisão no processo de medição dos pontos.



Figura 14. Representação dos 10 pontos conhecidos utilizados para a calibração e reconstrução em 2D e o sistema de referência utilizado (x, y) através da imagem gerada pela câmera 1.

O método de calibração e reconstrução bidimensional utilizado foi proposto por Abel-Aziz e Karara (1971), denominado DLT (Direct Linear Transformation).

As equações básicas do método de reconstrução tridimensional de coordenadas (DLT) serão adequadas para a reconstrução 2D. Para obter as coordenadas 2D (x e y) do deslocamento dos atletas a partir das coordenadas de tela é preciso encontrar os parâmetros de transformação das equações no *software* Dvideow. O processo de cálculo que será realizado para encontrar

esses parâmetros é denominado de calibração e reconstrução (MISUTA, 2004).

Após o processo de reconstrução, o *software* produz um arquivo com a estrutura de uma matriz distribuída em 5 colunas (Figura 15), sendo:

- 1ª coluna: número do quadro referente ao tempo;
- 2ª coluna: coordenada **x** da posição em campo do cobrador;
- 3ª coluna: coordenada **y** da posição em campo do cobrador;
- 4ª coluna: coordenada **x** da posição em campo do goleiro;
- 5ª coluna: coordenada **y** da posição em campo do goleiro;

1	18.38	22.26	-0.07	19.77
2	18.26	22.26	-0.07	19.77
3	18.14	22.26	-0.07	19.77
4	18.02	22.25	-0.07	19.77
5	17.89	22.24	-0.07	19.77
6	17.75	22.22	-0.07	19.77
7	17.60	22.19	-0.07	19.77
8	17.45	22.16	-0.07	19.77
9	17.29	22.12	-0.08	19.77
10	17.12	22.07	-0.08	19.78
11	16.94	22.02	-0.08	19.78
12	16.76	21.96	-0.09	19.78
13	16.57	21.90	-0.09	19.78
14	16.37	21.84	-0.10	19.78
15	16.16	21.78	-0.10	19.78
16	15.94	21.72	-0.10	19.77
17	15.70	21.65	-0.10	19.77
18	15.44	21.58	-0.09	19.75
19	15.16	21.51	-0.06	19.73
20	14.84	21.43	-0.03	19.70
21	14.49	21.34	0.02	19.67
22	14.11	21.25	0.09	19.62
23	13.24	21.05	0.31	19.51
24	12.77	20.95	0.45	19.45
25	12.27	20.85	0.61	19.37
26	11.75	20.74	0.78	19.29
27	11.22	20.64	0.96	19.21
28	10.69	20.54	1.14	19.13

Figura 15. Representação de matriz com as 5 colunas referentes aos quadros e às coordenadas x e y referentes à posição dos atletas em campo em metros.

5.6 - Acurácia

A acurácia (**a**) indica quanto o valor experimental está próximo do valor verdadeiro e a sua determinação é feita considerando os valores de erros sistemáticos, *bias* (**b**), e erros aleatórios, precisão (**p**). Assim, quanto menor o valor encontrado, maior será a acurácia (VUOLO, 1992).

A acurácia é calculada utilizando a seguinte expressão (MISUTA, 2004):

$$a^2 = b^2 + p^2$$

5.6.1 - Acurácia do sistema de reconstrução tridimensional

Para avaliar a acurácia do sistema de reconstrução tridimensional do deslocamento da bola, foi realizado um teste com uma haste contendo dois marcadores (bolas de isopor com 3 cm de diâmetro cada) distantes 50.00 cm entre si (Figura 16).



Figura 16. Imagem gerada pela câmera 2 da haste com os dois marcadores para determinar a acurácia da reconstrução tridimensional.

Esta haste foi movimentada exatamente na região próxima à marca do pênalti referente ao local do deslocamento inicial da bola. As imagens da

movimentação da haste foram obtidas pelas câmeras 2 e 3. Em seguida, foi realizado a sincronização, medição dos marcadores e reconstrução tridimensional seguindo o mesmo procedimento descrito nos itens 5.5.1.2, 5.5.1.3 e 5.5.1.4 para obter os valores da distância entre os dois marcadores ao longo de 30 *frames* e comparada com o valor real (50.00cm).

5.6.2 - Acurácia do sistema de rastreamento dos atletas

Para a análise da acurácia do sistema de rastreamento dos atletas nas situações de cobranças de pênaltis, foi realizado uma adaptação dos testes dinâmico e estático apresentados por Misuta (2004).

Teste dinâmico: um voluntário percorreu 5 vezes um percurso composto por quatro trechos (A,B,C,D) na grande área do campo (Figura 17). A frequência de processamento foi de 10 Hz como foi mencionado anteriormente pelo presente estudo no item 5.5.2.1. Cada volta apresentava 125.08 m de comprimento (trecho A: 16.45 m, trecho B: 40.54 m, trecho C: 16.45 m e trecho D: 51.64 m). O voluntário foi instruído a realizar o percurso trotando.

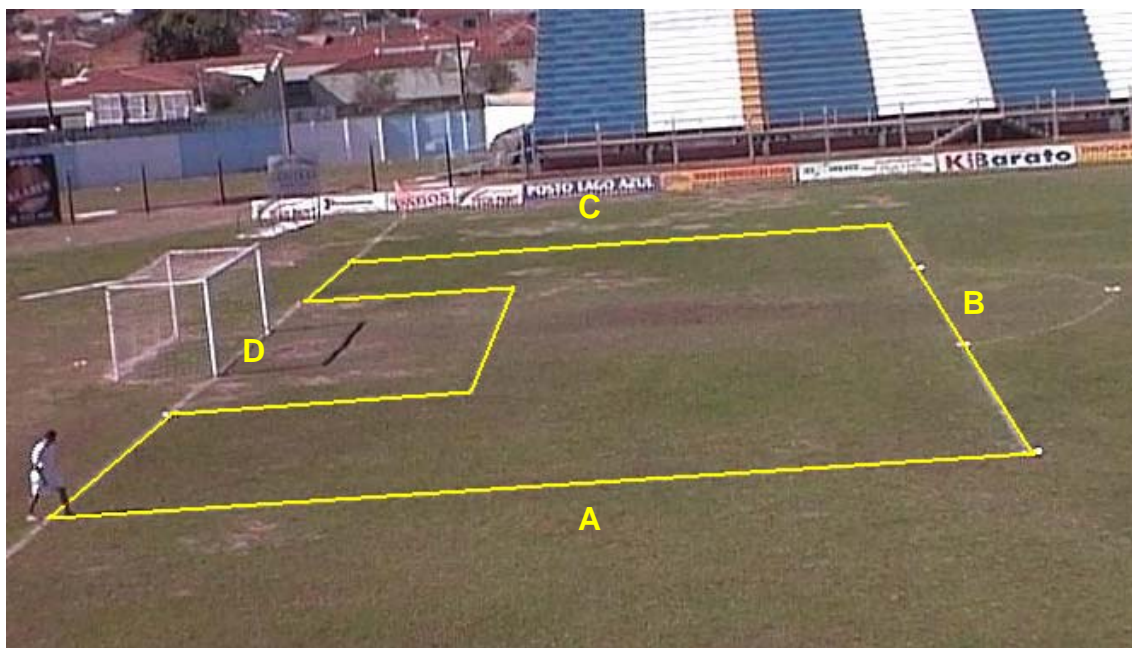


Figura 17. Esquema do percurso a ser realizado pelo voluntário para obter a acurácia do sistema no referido experimento para análise do rastreamento dos atletas e os respectivos trechos (A,B,C,D).

Teste estático: foi realizada uma filmagem de seis pontos (P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , P_5 , P_6), com dimensão de 21 cm x 30 cm e coordenadas conhecidas, dispostos na grande área (Figura 18) através da câmera 1. A medição de cada ponto foi realizada por um operador que indicava sua posição na imagem utilizando o *mouse* (modo manual de medição) no *software* Dvideow. As medições de cada alvo foram repetidas por 10 vezes. Após a medição, fez-se a calibração e em seguida a reconstrução 2D dos dados. Para obter o valor de acurácia foi considerado o valor médio de *bias* e precisão das 10 medições de cada um dos 6 alvos.



Figura 18. Imagem com os 6 pontos (P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , P_5 e P_6) gerada pela câmera 1 para obter a acurácia do teste estático.

5.7-Tratamento e análise dos dados

Os dados foram analisados pelo *software* Matlab®, utilizado para o desenvolvimento de algoritmos para o tratamento de dados, permitindo a análise da velocidade da bola, corrida de aproximação e da movimentação de defesa dos goleiros nas cobranças seguindo os objetivos do estudo.

A velocidade da bola foi obtida através de uma rotina baseada no cálculo do deslocamento total em relação ao tempo gasto. O ajuste dos dados foi realizado por regressão linear para os valores referentes aos eixos x e y e regressão linear de grau 2 para os valores referentes ao eixo z.

Para avaliar a distância da corrida e velocidade média dos cobradores, foram analisados os dados desde o início do deslocamento do cobrador após a autorização da cobrança até o momento em que toca na bola.

Em relação a movimentação de defesa dos goleiros, foram utilizados os valores referentes a sua posição desde o momento em que a cobrança foi autorizada até o instante em que o cobrador tocou na bola. Os dados referente

ao deslocamento dos atletas foram suavizados no mesmo software através da função *Loess* (CUNHA; LIMA FILHO, 2003).

Para a análise da movimentação de defesa dos goleiros, o início foi constatado a partir do momento em que é verificado o deslocamento do goleiro em uma direção distinta até o momento em que o cobrador toca na bola. Isso foi possível através da análise dos pontos referentes à posição dos atletas em campo (Figura 19).

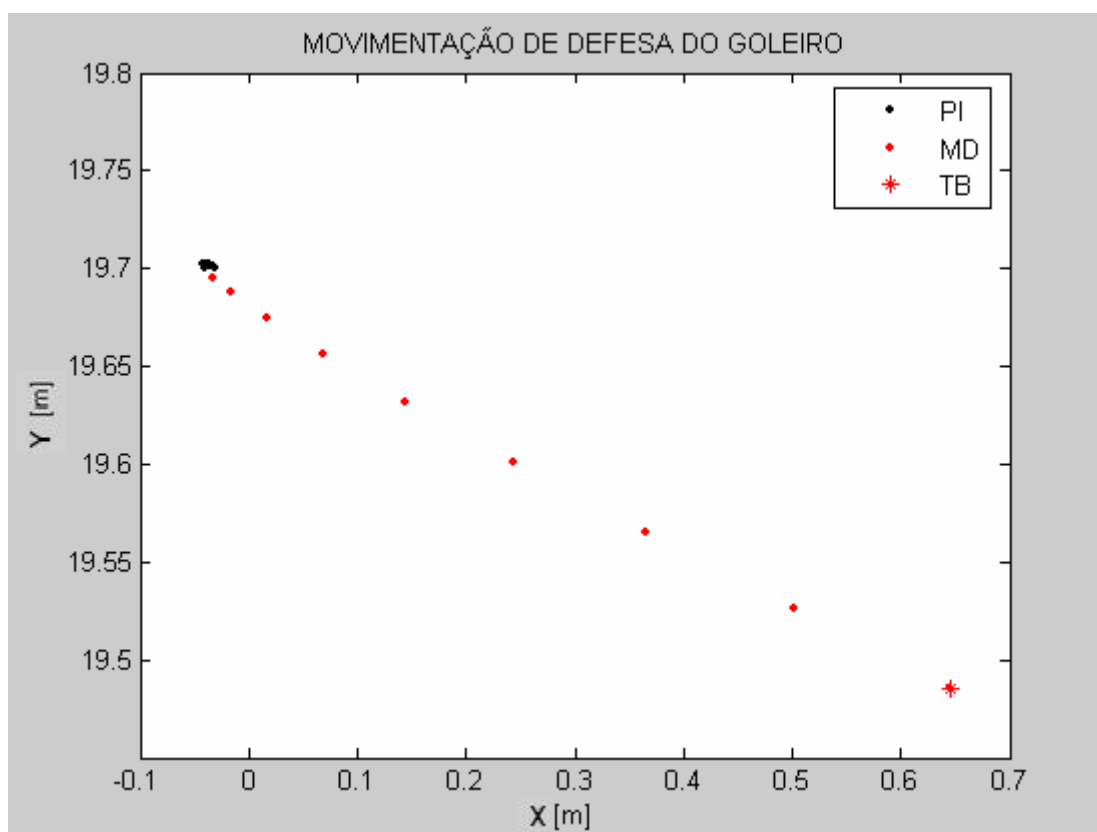


Figura 19. Projeção da movimentação do goleiro em uma cobrança defendida contendo a posição inicial do goleiro (PI), movimentação de defesa (MD) e o momento em que o cobrador toca na bola (TB).

Será considerado como antecipação do goleiro, quando sua movimentação de defesa iniciar antes do cobrador realizar a cobrança. O tempo de antecipação realizado pelos goleiros foi calculado através do número de quadros em que ficou constada tal movimentação e multiplicado pelo valor temporal respectivo de cada quadro, no caso 0.1 s. Diante da figura 19, onde está representada a movimentação de defesa do goleiro, podemos verificar um tempo de antecipação de 900 ms.

Para verificar correlação entre as variáveis de velocidade da bola e da corridade de aproximação, foi utilizado o teste de correlação de *Pearson* através do programa BioEstat 2.0.

Para verificar diferenças significativas entre as variáveis do estudo, foi utilizado o *Boxplot*. É uma forma de representação gráfica baseada na análise de variância (ANOVA) na qual estão presentes informações sobre a distribuição dos dados experimentais, a mediana (representa a mediana dos dados amostrais), o intervalo de confiança, entre outros. Considerando a representação gráfica, dois grupos experimentais apresentam diferença significativa quando o intervalo de confiança, que é o intervalo de confiança sobre o valor da mediana, de um grupo experimental não apresenta intersecção com o intervalo de confiança de outro grupo experimental (MISUTA, 2004).

6 –ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

No teste para avaliar a acurácia do sistema de reconstrução tridimensional descrito no item 5.6.1, foi obtido um valor de acurácia de 0.66 cm. O valor de *bias* obtido foi de 0.41 cm e de precisão foi de 0.52 cm.

Para o teste dinâmico, descrito no item 5.6.2, após a suavização dos dados, o valor da acurácia obtido foi de 5.57 m. O valor de *bias* foi de 5.52 m e precisão de 0.87 m. O erro apresentado pelo estudo no sistema de medição automática foi de 4.39%, valor superior em relação ao estudo de Misuta (2004), que encontrou um erro relativo de 1.4%. Essa diferença pode ser explicada pela sombra do participante presente no teste, contribuindo para variações no resultado final do teste.

Em relação ao teste estático, na tabela 6 estão representados os valores das coordenadas conhecidas de cada um dos pontos e os valores médios de cada ponto obtidos ao longo das 10 medições. A coluna (b) corresponde ao *bias* e a coluna (p) à precisão para cada um dos pontos medidos. Com base nesses dados, a determinação da posição pelo *software* Dvideow no presente estudo obteve valor de acurácia 22.70 cm, valor de *bias* 22.00 cm e valor de precisão 5 cm. Um valor menor em relação ao valor obtido por Misuta (2004) no teste estático, com acurácia de 30.61 cm.

Tabela 6. Valores das coordenadas conhecidas e a média obtidas para cada um dos 6 pontos. A coluna (b) corresponde ao valor de *bias* em metros e a coluna (p) corresponde à precisão em metros.

Pontos	Coordenadas conhecidas (m)		Valor médio obtido (m)		b	p
	x	y	x	y		
1	0.0	10.85	0.03	11.00	0.11	0.04
2	5.71	10.85	5.59	11.16	0.27	0.06
3	10.89	10.85	10.79	11.32	0.33	0.04
4	11.00	29.37	10.98	29.81	0.24	0.06
5	5.54	29.42	5.48	29.95	0.32	0.04
6	0.0	29.56	0.03	29.59	0.05	0.07
média					0.22	0.05

As 44 cobranças realizadas (CR) pelo presente estudo foram classificadas da seguinte forma: 25 CG (57%), 14 CD (32%), 4 T (9%) e 1 FG (2%).

A seguir, na figura 20 estão apresentadas as posições das cobranças CG em relação aos quadrantes do gol. Na figura 21, estão apresentadas as posições das CD, FG e T em relação aos quadrantes.



Figura 20. Relação da posição das 25 cobranças convertidas em gol por quadrantes.



Figura 21. Relação da posição das 14 cobranças defendidas (cor branca), 4 na trave (cor amarela) e 1 para fora do gol (cor vermelha) por quadrantes.

Na figura 22 está apresentada a descrição das cobranças CR em relação aos critérios CG, CD, FG, T, RE, RC, RD, M e D.

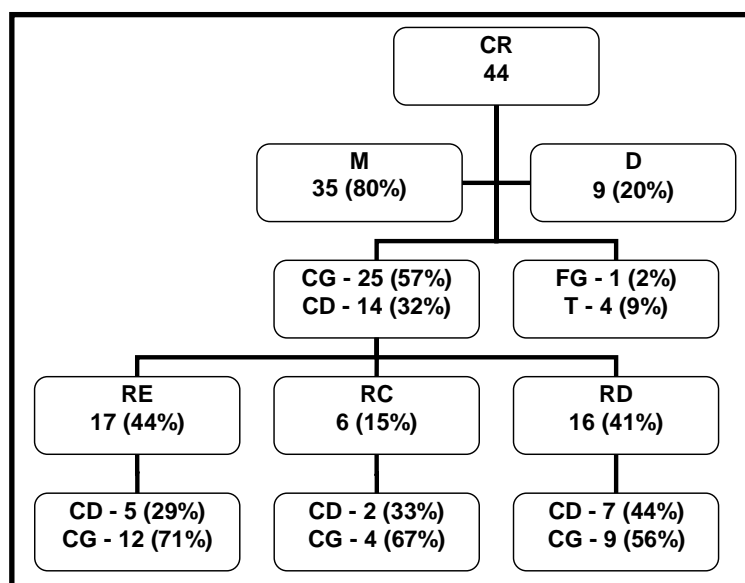


Figura 22. Figura apresentando a descrição das cobranças realizadas (CR) diante dos critérios: convertidas em gol (CG), defendidas (D), fora do gol (FG), trave (T), região esquerda (RE), região central (RC), região direita (RD), chute medial (M) e dorsal (D).

Desconsiderando as cobranças FG e T, diante das informações apresentadas pelas figuras 20 e 21, pode-se verificar que os quadrantes responsáveis pelas RE e RD do gol foram priorizados pelos cobradores em relação a RC: RE (44%), RD (41%) e RC (15%). Essa preferência é observada

por muitos estudos (BIGATÃO et al., 2003; MORYA et al., 2003a; WISIAK; CUNHA, 2004; WISIAK et al., 2004).

Com base nas informações na figura 22, pode-se verificar a preferência dos cobradores de realizarem as cobranças de pênaltis com a parte medial do pé (80%), possibilitando maior precisão segundo Levanon e Dapena (1998).

O desempenho dos goleiros apresentados diante das CD neste estudo foi de 32%, relativamente superior em relação a outros estudos que verificaram desempenho de 20% (KUHN, 1988; MORYA et al., 2003a; WISIAK; CUNHA, 2004).

De todas as CD (14), nenhuma foi realizada na região superior do gol, composta pelos quadrantes Q1, Q3 e Q5 que obtiveram juntos 25% do total de CR (Figuras 20 e 21).

Analisando somente as CG e CD, foram defendidas 29% das cobranças da RE, 33% das cobranças da RC e 44% das cobranças da RD. Esse maior desempenho dos goleiros na RD também foi encontrado no estudo de Bigatão et al. (2003) (Figura 22).

Analisando a velocidade da bola diante das CR, foi encontrado um valor mediano de 97.3 km/h, um valor superior ao valor encontrado por KUHN (1988) de 75 Km/h.

Morya et al. (2003a), também constataram velocidade da bola em cobranças de pênaltis superiores (WC - 2002 - 115.2 km/h (\pm 21.6 km/h), CM – 2000 a 2002 - 93.6 km/h) e isto pode explicar a queda de desempenho dos goleiros que realizaram a GA em relação a GB se comparados com os dados

encontrados por Kuhn (1988), pois teriam menos tempo para alcançar a bola num salto diante da estratégia escolhida.

Entretanto, no presente estudo ficou constatado de que não existe diferença significativa nos valores da velocidade da bola entre as cobranças CG e CD que apresentaram valores medianos de 98.5 e 94.6 Km/h respectivamente (Figura 23).

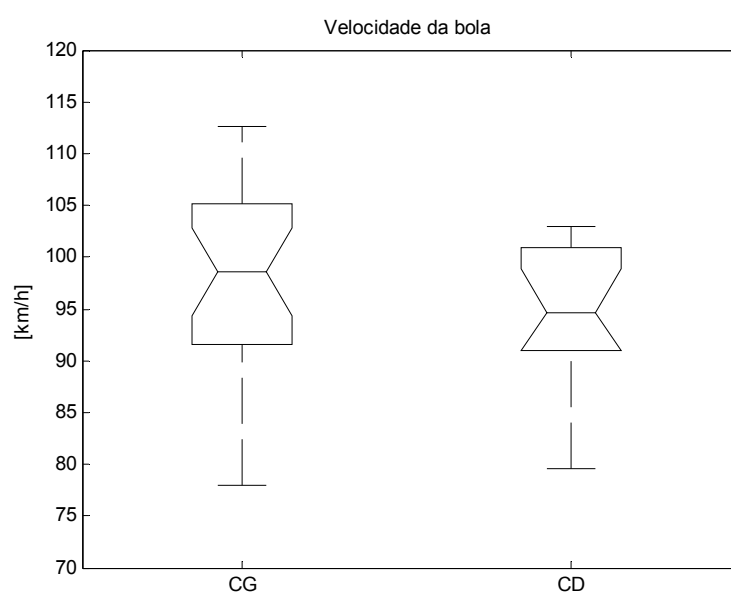


Figura 23. Relação da velocidade da bola entre as cobranças convertidas (CG) e defendidas (CD).

A seguir, nas Figuras 24 e 25 serão apresentadas as comparações entre os valores da distância e velocidade média da corrida de aproximação em relação às CG e CD.

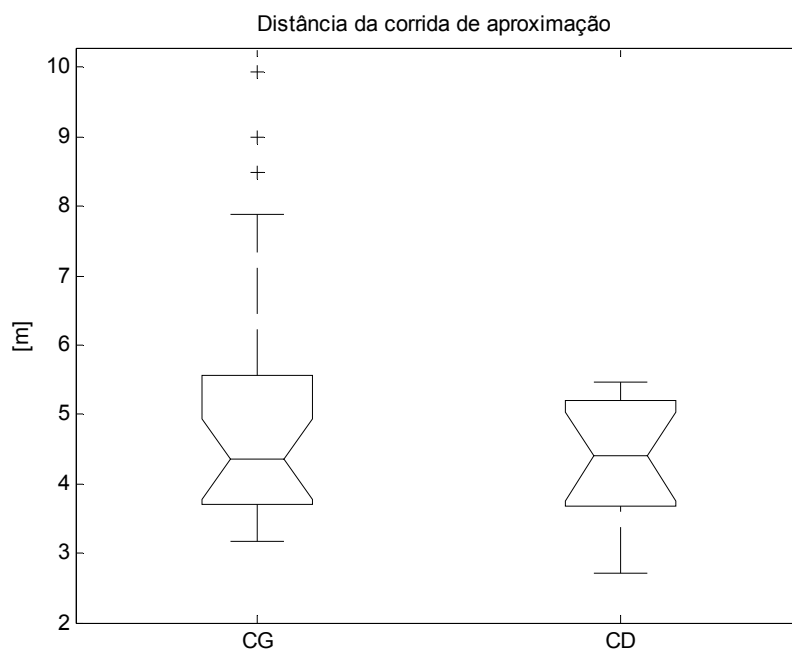


Figura 24. Relação da distância da corrida de aproximação entre as cobranças convertidas (CG) e defendidas (CD).

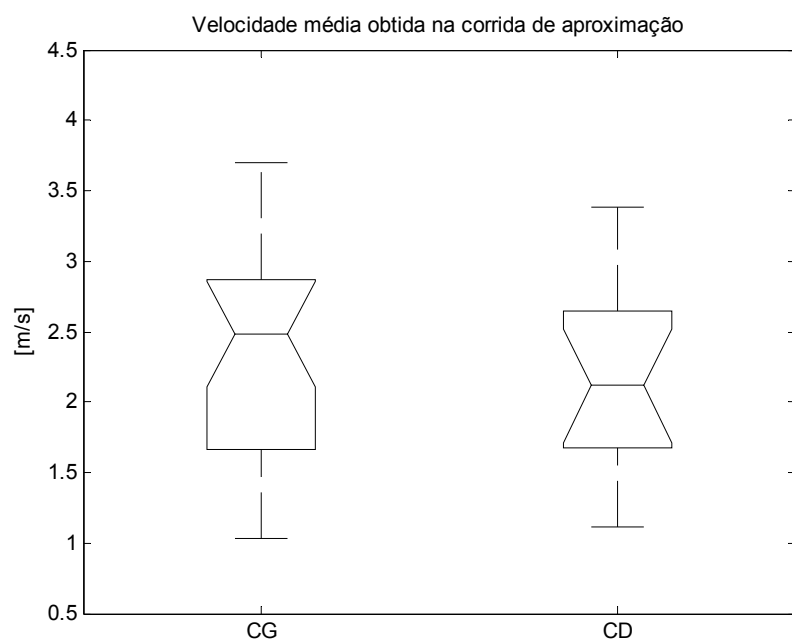


Figura 25. Relação da velocidade média da corrida de aproximação entre as cobranças convertidas (CG) e defendidas (CD).

Os valores da distância da corrida de aproximação entre as CG e CD não apresentaram diferença significativa e apresentaram valores medianos iguais a 4.4 m.

Quanto aos valores da velocidade média de deslocamento apresentados pelos cobradores na corrida de aproximação, também não foram verificadas diferenças significativas entre as CG e CD e foram obtidos valores medianos de 2.5 e 2.1 m/s respectivamente.

Não foi verificada correlação entre as velocidades de saída da bola com as velocidades médias da corrida de aproximação ($r=-0.0678$, $r^2=0.0046$, $p=0.6817$) e entre as velocidades médias da corrida de aproximação com as distâncias ($r=0.2651$, $r^2=0.0703$, $p=0.1028$).

Porém, não é descartada a necessidade de se fazer a cobrança com deslocamento, pois Opavsky (1988) verificou velocidades superiores em chutes com deslocamento (110.8 km/h) se comparados com chutes sem deslocamento (84.5 km/h). Além do que, no presente estudo em nenhum momento foi verificado a ausência de deslocamento dos cobradores diante das cobranças.

No entanto, comparando as velocidades da bola entre as CO e CL, pode-se constatar uma diferença significativa entre os dois grupos de cobranças analisados, apresentando valores medianos de velocidade da bola para CO de 101.2 km/h e para CL de 93.6 km/h (Figura 26).

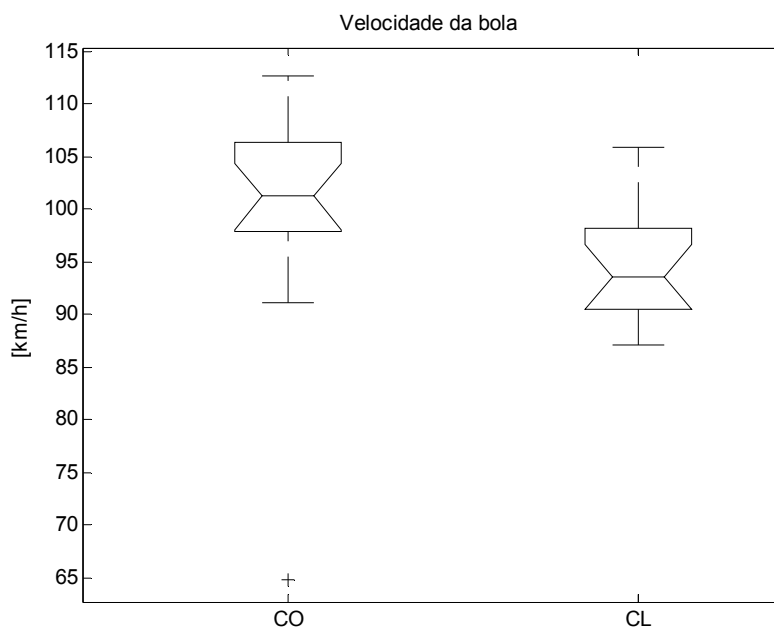


Figura 26. Relação da velocidade da bola entre as cobranças direcionadas para a região de lado oposto (CO) e de mesmo lado (CL) em relação ao membro de chute do cobrador.

Segundo Plagenhoef (1971), estudando chutes com a parte do dorso do pé, verificou que a velocidade da bola e da perna de chute são menores em chutes onde a aproximação do cobrador é realizada na mesma direção em relação a trajetória descrita pela bola. Isto pode ajudar a explicar a diferença encontrada nos valores da velocidade da bola entre as CO e CL no presente estudo. Como não foram verificadas correlações entre a velocidade média da corrida de aproximação com a velocidade da bola e pelo fato dos cobradores apresentarem preferência em realizarem as cobranças sob a forma M, a corrida de aproximação em CO pode apresentar uma aproximação com direção diferente em relação a trajetória da bola, ao contrário da CL, que para possibilitar ao cobrador o direcionamento da bola na região específica com o referido chute apresentará uma aproximação com mesma direção em relação à trajetória da bola.

Mas é necessária uma análise detalhada também do comportamento do quadril, segmentos coxa, perna e pé do membro de chute e de suporte do cobrador diante das CO e CL, para poder verificar possíveis influências desses fatores na velocidade da bola.

Neste caso, em cobranças de pênaltis, não só o tipo de chute pode interferir na velocidade da bola (LEVANON; DAPENA, 1998; XIMENES, 2002; DESIO et al., 2005) mas também a velocidade da perna e pé de chute (PLAGENHOEF, 1971; RODANO; TAVANA, 1993) e a forma de aproximação do cobrador em relação a trajetória descrita pela bola comentado por Plagenhoef (1971).

Para complementar a análise, na figura 27 estão descritas as cobranças em relação às CG, CD, CO, CL, valores medianos do tempo de antecipação de defesa dos goleiros em ms (TA) e valores medianos da velocidade da bola em Km/h (VB). Na mesma figura, não são consideradas as cobranças que foram direcionadas na RC (6) quando analisadas as CO e CL.

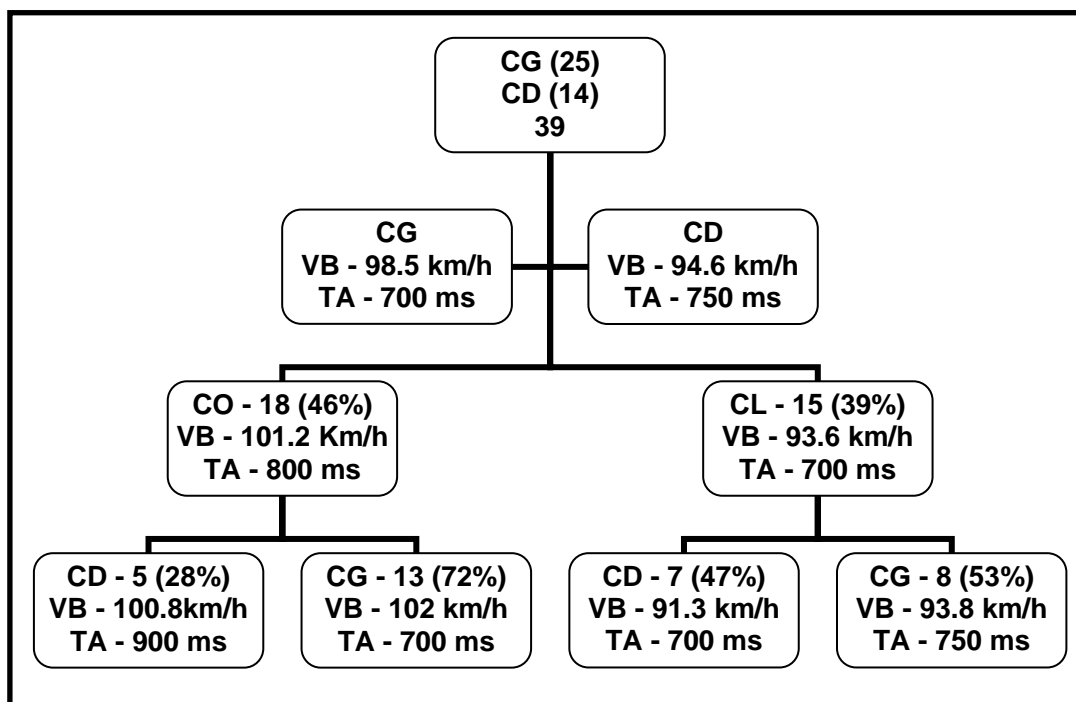


Figura 27. Figura apresentando a descrição das cobranças diante dos critérios: convertidas em gol (CG), defendidas (CD), cobranças direcionadas para a região do gol de lado oposto ao membro de chute (CO), direcionadas para a região do gol de mesmo lado ao membro de chute (CL), valor mediano do tempo de antecipação de defesa dos goleiros (TA) e valor mediano de velocidade da bola (VB).

Diante dos dados apresentados, em relação aos valores da velocidade da bola dos grupos de cobranças defendidas das CO em relação ao grupo de cobranças defendidas das CL, foram verificados valores medianos de 100.8 e 91.3 km/h para cada um dos grupos respectivamente. Isto mostra que foram realizadas defesas pelos goleiros com valores superiores da velocidade da bola nas CO em relação às CL (Figura 27).

Analisando as defesas dos goleiros das CO e CL, foi observado um desempenho de 28% das CO e 47% das CL. Isso mostra que os goleiros apresentaram melhor desempenho diante das CL, provavelmente pelo fato dessas cobranças apresentarem valores menores de velocidade da bola, permitindo que os goleiros interceptem com mais facilidade as cobranças durante a movimentação de defesa.

Diante da observação do parágrafo anterior e com base nos dados apresentados na figura 22, demonstrando que os goleiros apresentaram melhor desempenho na RD (44%) em relação à RE (29%), verifica-se que o fato dos valores do desempenho dos goleiros nas cobranças RD e CL serem próximos, assim como das cobranças RE e CO, ocorre porque a maior parte dos cobradores são destros. Das CO apenas duas cobranças foram executadas por atletas com o membro esquerdo de chute e não foram defendidas e, das CL, apenas uma cobrança foi realizada pelo referido membro e também não foi defendida. Isto ajuda a compreender o melhor desempenho dos goleiros na RD apresentado por Bigatão et al. (2003), pois na RD são direcionadas uma maior parte das CL com velocidades menores da bola.

Analisando apenas as cobranças defendidas diante dos dados apresentados pela figura 27, foi verificado um valor mediano do tempo de antecipação de 900 ms para as CO e 700 ms para as CL. Portanto, mesmo apresentando um número pequeno de cobranças defendidas (5 CO e 7 CL), os valores da antecipação dos goleiros para as CO defendidas são superiores em relação as CL defendidas. Mas é necessário que sejam realizados novos estudos com um número maior de cobranças para possibilitar uma análise mais detalhada entre as cobranças defendidas CO e CL, afim de verificar se realmente nas CO o tempo de antecipação dos goleiros necessita ser maior para defender as cobranças se comparado com as cobranças CL.

Embora alguns estudos apresentem resultados não favoráveis em relação à antecipação da movimentação de defesa por parte dos goleiros

(KUHN, 1988; MORYA et al., 2003a), Wisiak e Cunha (2004) verificaram a importância dos goleiros em iniciar um salto em direção a um dos lados do gol com tempo superior a 167 ms antes que do cobrador tocar na bola para poder impedir a conversão da cobrança em gol.

Neste caso, a questão apresentada por Morya et al. (2003a) referente à queda do desempenho dos goleiros que optam pela GA ser justificada pelo aumento da velocidade da bola, pode ser considerada diante da diferença dos valores de velocidade de bola encontrados nas CO e CL. Mas para isso, é necessário investigar o desempenho das estratégias desenvolvidas pelos goleiros diante desses tipos de cobranças mencionados pelo presente estudo.

A seguir, nas figuras 28 e 29 estão apresentadas a relação do tempo de antecipação da movimentação de defesa dos goleiros diante das cobranças de pênaltis através da projeção bidimensional da posição dos atletas em campo.

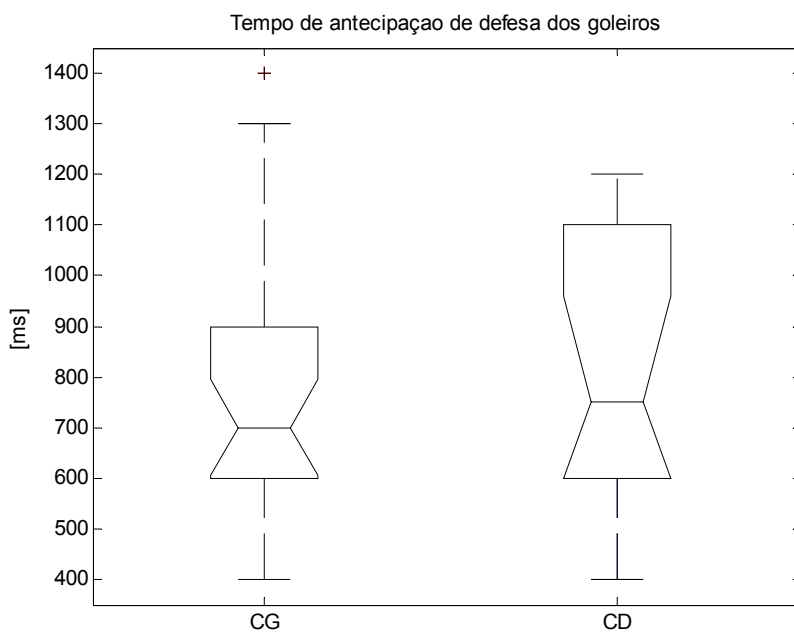


Figura 28. Relação do tempo de antecipação de defesa dos goleiros entre as cobranças convertidas (CG) e defendidas (CD).

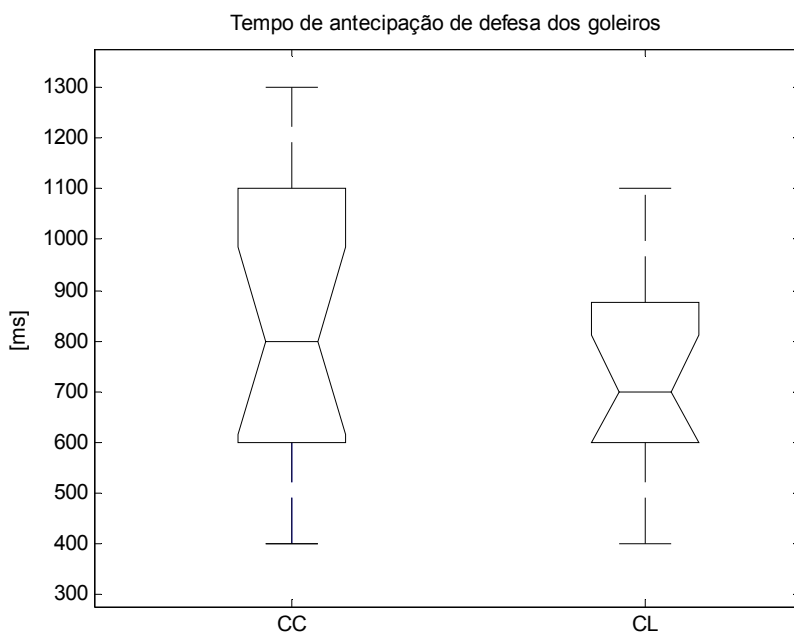


Figura 29. Relação do tempo de antecipação de defesa dos goleiros entre as cobranças direcionadas para a região de lado oposto (CO) e de mesmo lado (CL) em relação ao membro de chute do cobrador.

Diante dos dados apresentados pela figura 28, não foi verificada diferença significativa entre os tempos de antecipação da movimentação de defesa dos goleiros das CG, cuja mediana é de 700 ms, em relação às CD, com mediana de 750 ms. Mesmo utilizando metodologia diferente, Wisiak e Cunha (2004) também não verificaram diferença entre os valores de antecipação dos goleiros diante das CG e CD, apenas a tendência dos valores de antecipação serem maiores nas CD.

O mesmo ocorreu com os dados da antecipação do goleiro em relação às CO e CL apresentadas pela figura 29, não apresentando diferença significativa entre os grupos. Os valores medianos de antecipação obtidos foram de 800 ms para CO e 700 ms para CL.

O fato do tempo de antecipação da movimentação dos goleiros obtido pelo presente estudo ser maior se comparado com o estudo de Wisiak e Cunha (2004), está relacionado com a forma de análise da movimentação de defesa. Embora o salto realizado pelos goleiros seja realmente a movimentação de defesa mais importante utilizada pelos goleiros para defender um pênalti (KUHN, 1988; SUZUKI et al., 1988; MORYA et al., 2003a), foi verificado por Wisiak e Cunha (2004) que além do salto em direção a um dos lados do gol (FS), o goleiro também pode realizar o deslocamento à frente na forma de saltos ou passos (FDF). Portanto, no presente estudo a análise do tempo de antecipação da movimentação de defesa dos goleiros considera tanto a FS como a FDF realizada pelo atleta até o momento em que o cobrador toca na bola, justificando os valores apresentados.

No presente estudo, foi constatado que os goleiros realizaram a antecipação da movimentação de defesa em todas as CR (44). Foi verificado que os goleiros acertaram o lado do gol em que foram direcionadas as cobranças em 52% e erraram em 48%.

Para verificar se o maior desempenho apresentado pelos goleiros diante das CL está relacionado com uma possível preferência de se deslocarem para o mesmo lado em que foram direcionadas estas cobranças, foi analisado o acerto dos goleiros quanto ao lado do gol em que foram direcionadas todas as cobranças CL e CO (33). Foi constatado que os goleiros acertaram o referente lado em que foram direcionadas as CO em 48% e a CL em 52%. Isso mostra que não houve preferência por parte dos goleiros por um lado específico diante das cobranças. Portanto, fica ainda mais evidente de que o sucesso dos goleiros diante das CL está relacionado com o fato das cobranças apresentarem velocidades menores em relação às CO.

Observando apenas as CD, foi verificado que todas foram realizadas sob a forma de antecipação. Embora a definição do início da movimentação apresentada por estudos seja diferente, o mesmo desempenho foi encontrado por Wisiak e Cunha (2004).

Em relação ao acerto do lado do gol em que foram direcionadas as cobranças, no presente estudo foi constatado um desempenho maior dos goleiros (52%) em relação ao estudo de Morya et al. (2003a), cujo desempenho foi de 30% sob a forma GB, que analisa apenas o salto.

Quanto à distância da corrida de aproximação diante das CO e CL, pode-se verificar que não existem diferenças significativas entre os grupos

analisados. Foram apresentados valores medianos da distância de 4.3 m para CO e 4.4 m para CL (Figura 30).

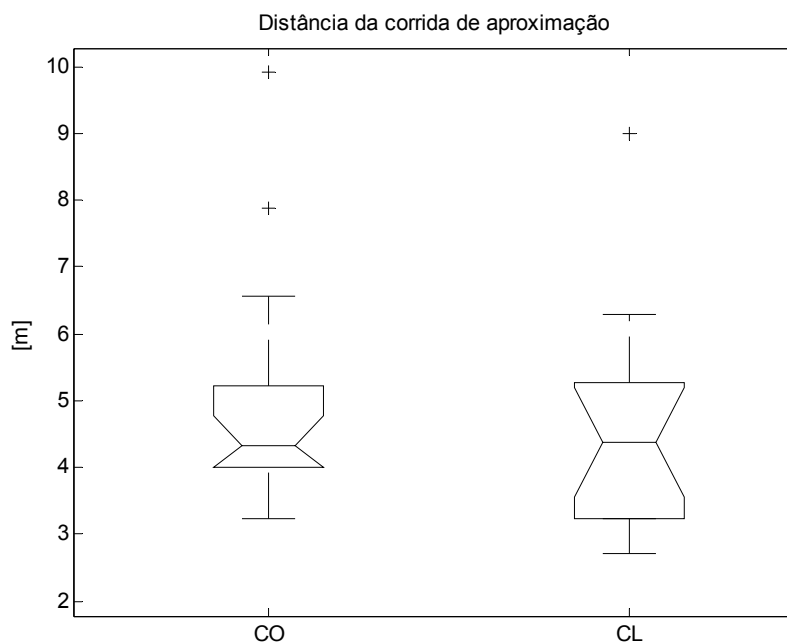


Figura 30. Relação da distância da corrida de aproximação entre as cobranças direcionadas para a região de lado oposto (CO) e de mesmo lado (CL) em relação ao membro de chute do cobrador.

Também não foram encontradas diferenças significativas da velocidade média da corrida de aproximação realizada pelos cobradores diante das CO e CL (Figura 31).

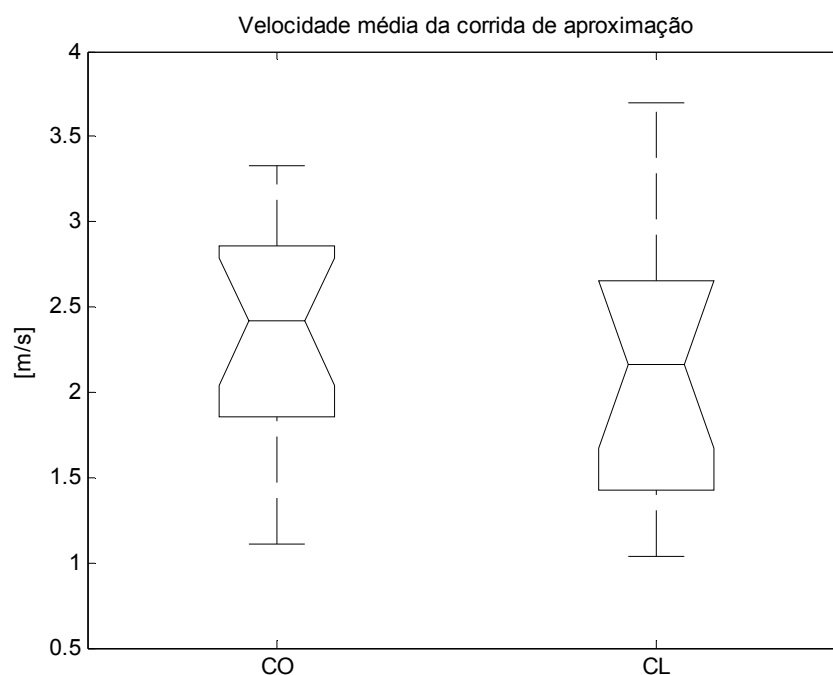


Figura 31. Relação da velocidade média da corrida de aproximação entre as cobranças direcionadas para a região de lado oposto (CO) e de mesmo lado (CL) em relação ao membro de chute do cobrador.

O valor mediano da velocidade média do deslocamento dos cobradores nas CO foi de 2.4 m/s, pouco superior ao valor encontrado nas CL de 2.2 m/s.

Os valores observados pelas figuras 30 e 31 confirmam a questão apresentada anteriormente de que não existem relações da velocidade média do deslocamento e da distância da corrida de aproximação dos cobradores em relação a velocidade da bola obtida nas cobranças em situações de pênaltis.

7 – CONCLUSÃO

Diante da análise cinemática das cobranças de pênaltis desenvolvida seguindo os objetivos propostos pelo presente estudo, foi possível constatar que:

- Não existem diferenças significativas entre os valores das velocidades da bola entre as CG (98.5 km/h) e CD (94.6 Km/h), assim como da distância da corrida de aproximação (CG 4.4 x CD 4.4 m), velocidade média de deslocamento dos cobradores (CG 2.5 x CD 2.1 m/s) e tempo de antecipação apresentado pelos goleiros (CG 700 x CD 750 ms);
- Existem diferenças significativas entre os valores das velocidades da bola entre as CO (101.2 km/h) e CL (93.6 Km/h);
- O desempenho dos goleiros é maior diante das cobranças CL, cujos valores de velocidade da bola são menores;
- Não existem diferenças significativas entre os valores da distância da corrida de aproximação entre as CO (4.3 m) e CL (4.4 m), assim como da velocidade média de deslocamento dos cobradores (CO 2.4 x CL 2.2 m/s) e tempo de antecipação apresentado pelos goleiros (CO 800 x CL 700 ms);

- Analisando apenas as CD, existe uma tendência dos valores de antecipação dos goleiros serem maiores em CO (900 ms) em relação às CL (700 ms);
- Não foram verificadas correlações entre as velocidades médias da corrida de aproximação dos cobradores em relação às velocidades da bola entre as CG e CD;
- Não foram verificadas correlações entre as velocidades médias da corrida de aproximação dos cobradores em relação às respectivas distâncias entre as CG e CD.

Com os resultados obtidos no presente estudo, ficou evidenciado a importância de se analisar as cobranças diante das CO e CL. Esta forma de análise permitiu entender o fato de estudos verificarem o maior desempenho dos goleiros na RE do gol, evidenciando uma significativa diferença nos valores da velocidade da bola entre as duas formas de cobranças citadas. Entretanto, é necessário o desenvolvimento de novos estudos que permitam explicar os motivos que possibilitam aos cobradores executarem as CO com velocidades superiores em relação às CL com a parte medial do pé, ressaltando de que esta foi a forma preferencial de chute adotada pelos atletas. Como a velocidade de deslocamento e a distância da corrida dos cobradores não apresentaram influências na velocidade da bola, é interessante que sejam estudados outras variáveis da corrida de aproximação, assim como o comportamento do membro de chute e de apoio diante das CO e CL que possibilitem evidenciar fatores que possam contribuir para as diferenças apresentadas nas duas formas de cobranças em relação a velocidade da bola. Esse esclarecimento seria de

grande importância, pois auxiliaria na preparação não só dos cobradores, mas também dos goleiros, que apresentaram maior sucesso diante das CL.

Em relação a análise do procedimento de defesa dos goleiros, o presente estudo buscou utilizar uma metodologia que, baseada na projeção da posição dos goleiros em campo, considerou toda a movimentação do atleta até o momento em que o cobrador toca na bola. Isso permite levar em conta não apenas o salto, importante movimentação para a defesa apresentada por estudos, mas também o deslocamento que antecede ao salto e que compõe a movimentação de defesa. Diante dessa metodologia utilizada, mesmo verificando a preferência dos goleiros em anteciparem às cobranças, não foi possível obter uma amostra capaz de realizar uma comparação do TA diante das CO e CL, assim como obter um TA ideal para os goleiros diante das cobranças. Para isso, se faz necessário o desenvolvimento de estudos com um maior número de cobranças, possibilitando não apenas verificar a eficiência da metodologia proposta, mas possibilitar uma análise detalhada entre as cobranças defendidas CO e CL, a fim de verificar se realmente nas CO o TA dos goleiros necessita ser maior para defender as cobranças se comparado com as cobranças CL.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-AZIZ, Y. I.; KARARA, H. M. Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates. **Proc. ASP/UI Symp. on Close-Range Photogrammetry**. Urbana, Illinois, 1971.

AMADIO, A. C. **Fundamentos Biomecânicos para Análise do Movimento Humano**. São Paulo: Laboratório de Biomecânica/EEUSP, 1996.

BARROS, R. M. L.; BREZIOKOFER, R.; LEITE, N, J.; FIGUEROA, P. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**. Rio de Janeiro, v.15, n.1/2, 1999, p.79-86.

BIGATÃO, H.; MORYA, E.; TORRI.; RANVAUD, R. **An analysis of penalty kicks in the 2002 soccer world cup**. Revista Motriz, Rio Claro, v. 9, n. 1, suplemento, 2003, p. 41-41.

BINOTTO, M.R. **Análise da variabilidade na medição de posicionamento tático no futebol**. 1999. Monografia apresentada ao Instituto de Biociências, UNESP, Câmpus de Rio Claro, para obtenção do título de Bacharel em Educação Física, 1999.

CUNHA, S. A.; LIMA FILHO, E.C.; **Metodologia para a suavização de dados biomecânicos por funções não paramétricas.** Revista Brasileira de Biomecânica, São Paulo, v.1, n.6, p. 23-28, 2003.

DESIO, C.L.C.; MORYA, E.; TORRI.; RANVAUD, R. **Análise de precisão em cobranças de pênalti no futebol.** Revista Motriz, Rio Claro, v. 11, n. 1, suplemento, 2005, p. 59-59.

FIGUEROA, P. J.; LEITE, N.J.; BARRROS, R.M.L. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 72, p. 155-65, 2003a.

FIGUEROA, P. J.; NEUCIMAR, J. L.; MISUTA, M. S.; BARROS, R.M.L. Detecção automática da posição de jogadores de futebol usando processamento de imagens. **X Congresso Brasileiro de Biomecânica.** Ouro Preto – M.G., p. 189-193, 2003b.

KUHN, W. Penalty-kick strategies for shooters and goalkeepers. In: REILLY, T.; LEES, A.; DAVIDAS, K.; W.J. MURPHY, W.J.(Ed.). **Science and football.** London: E&FN Spon, 1988, p.489-492.

LEES, A.; NOLAN, L. Three dimensional kinematic analyses of the instep kick under speed and accuracy conditions. In: SPINKS, W.; REILLY, T.; LEES, A.;

DAVIDAS, K.; MURPHY, W.J.(Ed.). **Science and football IV**. London: E&FN Spon, 2002, p.16-21.

LEVANON, J.; DAPENA, J. **Comparasion of the kinematics of the full-instep and pass kicks in soccer**. Journal of Sports Sciences, v. 30, n.6, 1998, p. 917-27.

LOPES, E.W. **Caracterização da performance aeróbia e anaeróbia de goleiros de futebol através da análise de lactato: utilização de teste de corrida intermitente de “ida e volta”, teste de wingate e testes específicos de defesas**. 2001. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade – Área de Biodinâmica da Motricidade Humana) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

McGARRY, T.; FRANKS, I. M. **On winning the penalty shoot-out in soccer**. Journal of Sports Sciences, n. 18, 2000, p.401 – 409.

McMORRIS, T.; HAUXWELL, B. Improving anticipation of goalkeepers using video observation. In:Reilly, T.; Bangsbo, J.; Hughes, M. (Ed.). **Science and football III**. London: E&FN Spon, 1997, p.290-294.

McMORRIS, T.; COPEMAN, R.; CORCORAN, D.; SAUNDERS, G.; POTTER, S. Anticipation of soccer goalkeepers facing penalty kicks. In:Reilly, T.; Clarys,

J.; Stibbe, A. (Ed.). **Science and football II**. London: E&FN Spon, 1993, p.250-253.

MISUTA, M. S., **Rastreamento automático de trajetórias de jogadores de futebol por videogrametria: validação do método e análise dos resultados**. 2004. 68f. Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – Campinas, 2004.

MORYA, E.; BIGATÃO, H.; LEES, A.; RANVAUD, R. **Evolving penalty kick strategies: world cup and club matches 2000-2002**. 5th World Congress on Science and Football, Lisbon, Portugal, 11-15 April, 2003a.

MORYA, E.; RANVAUD, R.; PINHEIRO, W. M. **Dynamics of visual feedback in laboratory simulation of a penalty kick**. Journal of Sports Sciences, n. 21, v. 2, 2003, p.87-95b.

OPAVSKY, P. An investigation of linear and angular kinematics of the leg during two types of soccer kick. In: REILLY, T.; LEES, A.; DAVIDAS, K.; MURPHY, W.J.(Ed.). **Science and football**. London: E&FN Spon, 1988, p.456-459.

PLAGENHOEF, S. **Patterns of human motion, cinematographic analysis**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1971.

RODANO, R.; TAVANA, R. Three dimensional analysis of the instep kick in professional soccer players. In: **Science and Football II** (ed. T. Reilly, J. Clarys and A. Stribbe) London: E&FN Spon, 1993, p.357-361.

SAVELSBERGH, G. J. P.; WILLIAMS, A. M.; DER KAMP, J. V.; WARD, P. **Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers.** Journal of Sport Sciences, 20, 2002, p. 279-287.

SUZUKI, S., TOGARI, H.; ISOKAWA, M.; OHASHI, J.; OHGUSHI, T. Analysis of the goalkeeper's diving motion. In: REILLY, T.; LEES, A.; DAVIDAS, K.; MURPHY, W.J.(Ed.). **Science and football.** London: E&FN Spon, 1988, p.468-475.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da teoria de erros.** S.P., Editora Edgard Blücher Ltda, 1992.

WILLIAMS, A; BURWITZ, L. Advance cue utilisation in soccer. In:REILLY, T.; CLARYS, J.; STIBBE, A. (Ed.). **Science and football II.** London: E&FN Spon, 1993, p.239-243.

WISIAK, M. **Análise temporal da antecipação do goleiro nas situações de cobranças de pênalti.** 2001. 43f. Monografia (Graduação em Educação Física) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

WISIAK, M.; CUNHA, S. A. **Análise da antecipação do goleiro em cobranças de pênaltis.** Revista Motriz, Rio Claro, v. 10, n. 1, 2004, p. 29-34.

WISIAK, M.; MOURA, F. A.; SANTIAGO, P. R. P.; THOMAZ, T.; BARBIERI, F. A.; TEIXEIRA, F. G.; MAGALHÃES JÚNIOR, W. J. de; CUNHA, S. A. **Análise das defesas dos goleiros em cobranças de pênaltis.** Revista Brasileira de Ciência e Movimento, São Paulo, ed . especial, p. 258-258, 2004.

XIMENES, J. M. **Análise cinemática de dois tipos de chute no futebol.** 2002. 58 f. Dissertação (Mestrado em Motricidade Humana) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

9-ABSTRACT

The penalty kicks can present a decisive aspect in the result of a match and mainly in great competitions of soccer. Even being known its importance in the sport, it is small the attention developed by the scientific literature and technique concerning this event. Therefore, it is necessary the development of studies to analyze penalty kicks to get information that can explain some factors that provide to the success of the goalkeepers front to the penalty kicks. The present study analyze the penalty kicks kinematics in order to verify differences in the variables of the speed of the ball (SB), average speed of the kickers (SK), distance of the kicker race (DR) and time of anticipation of the goalkeeper (TA) between the penalty kicks converted into goal (CG) and defended (D). Have participated of this study 12 athletes of professional soccer players of the Rio Claro Futebol Club team, divided randomly into 3 teams. Each team was composed for 1 goalkeeper and 3 kickers. They have been filmed forty four penalty kicks in alternated disputes between the teams. The images have been stored by the capture plate in a computer. After that, it was used the Dvideow software to get the 2D coordinates of the speed ball and 3D coordinates of the athletes in function of the time. To verify the correlation between the SB variables and of the race of the kickers, it was used the *Pearson* test. To verify differences between the variables of the study, the method of analysis for

boxplot was adopted and the data had been represented by its respective median. It was not verified correlation between the SK and SB of the CG and D ($r=-0.0678$, $r^2=0.0046$, $p=0.6817$) and between the SK and its respective DR ($r=0.2651$, $r^2=0.0703$, $p=0.1028$). Differences between the values of the SB between the CG (98,5 km/h) and D do not exist (94,6 Km/h), as well as of the DR (CG 4,4 x D 4.4 m), SK (CG 2,5 x D 2,1 m/s) and TA of the goalkeepers (CG 700 x D 750ms). However, significant difference was verified between the values of the SB of the kicks CG and D that had been directed for the region of the goal of opposing side to the member of kick (OS) (101,2 km/h) in relation the ones that they had been directed for the region of the goal of side to the member of kick (S) (93,6 Km/h). This difference of the values of speeds of the ball can justify optimum performance of the goalkeepers of penalty kicks S in relation to the OS.

Key words: Kinematics analysis, penalty kicks, defense of goalkeepers, race of the kickers and speed of the ball.