

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA – CEA – USP
RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA – CÓDIGO 03P14

TÍTULO: Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Estratégias nas cobranças de pênaltis”

PESQUISADORES: Edgard Morya, Hamilton Bigatão

ORIENTADOR: Ronald Ranvaud

INSTITUIÇÃO: Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

FINALIDADE: Doutorado

RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE: Carlos Alberto de Bragança Pereira
Marcel Frederico de Lima Taga

REFERÊNCIA DESTE TRABALHO: PEREIRA, C.A.B e TAGA, M.F.L.. **Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Estratégias nas cobranças de pênaltis”.** São Paulo, IME-USP, 2003. (RAE – CEA - 03P14)

FICHA TÉCNICA**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

AGRESTI, A. (1990). **Categorical Data Analysis**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 558p.

BUSSAB, W. O. e MORETTIN, P. A. (2002). **Estatística Básica**. 5ed. São Paulo: Saraiva. 526p.

HOSMER, Jr., D.W. and LEMESHOW, S. (1989). **Applied Logistic Regression**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 307p.

NETER, J. , KUTNER, M.H., NACHTSHEIM, C.J., WASSERMAN, W. (1996). **Applied Linear Statistical Models**. 4ed. McGraw-Hill-Boston, 1408p.

WINER, B. J. (1971). **Statistical Principles in Experimental Design**. 2ed. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, LTD. 907p.

PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS:

Microsoft Excel for Windows (versão 2000)

Microsoft Word for Windows (versão 2000)

Minitab Release 13.0

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS:

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Testes Bayesianos(05: 060)

Análise de Associação e Dependência de Dados Quantitativos (06:010)

Associação e Dependência de Dados Qualitativos (06:020)

Regressão Logística (07:090)

Análise de Variância com Efeitos Fixos (08:010)

ÁREA DE APLICAÇÃO:

Bioestatística (14:030)

ÍNDICE

Resumo	4
1. Introdução	5
2. Descrição do Estudo	5
3. Descrição das Variáveis	6
4. Análise Descritiva	11
4.1. Cobrador	11
4.2. Goleiro	12
4.3. Relações entre a Velocidade da bola, o Resultado e o Local em que a bola foi chutada	12
4.4. Relação entre a Velocidade da bola e o Tempo de reação do goleiro	13
5. Análise Inferencial	13
5.1. Cobrador	14
5.2. Relações entre a Velocidade da bola, o Resultado e o Local em que a bola foi chutada	14
5.3. Goleiro	15
5.4. Melhor Estratégia	16
6. Conclusões	17
Apêndice A - Tabelas	19
Apêndice B - Gráficos	29
Apêndice C	34

Resumo

O projeto tem como objetivos não só descrever a cobrança de pênaltis baseado em características do cobrador, do goleiro e características associadas à cobrança, mas também queremos saber se é possível identificar fatores que possam melhorar a eficiência tanto do cobrador quanto do goleiro. A coleta dos dados foi feita através da gravação de pênaltis em vídeos. No total, foram gravados 75 pênaltis, sendo 37 deles na Copa do Mundo de 2002 e os demais 38 em campeonatos interclubes (Copa Libertadores da América e Campeonato Italiano). O principal resultado sugere que o goleiro tem um desempenho melhor se pular no momento do chute ou depois da cobrança de pênalti e que o cobrador tem aproveitamento melhor se chutar a bola nas extremidades do gol.

1. Introdução

Até hoje o pênalti é um lance polêmico do jogo de futebol, em que não se sabe ao certo quem errou, quem acertou, quem teve azar ou quem teve sorte. Além da motivação do ponto de vista prático para atletas e outros profissionais da área, do ponto de vista científico, trata-se de um momento em que a principal vantagem pode ser adquirida através do desenvolvimento de um processo de percepção – ação mais apurado. Ou seja, quem tem um reflexo mais apurado, teoricamente deve ter um melhor desempenho neste tipo de jogada. Os objetivos deste trabalho são: descrever o processo de cobrança do pênalti segundo as variáveis inerentes ao cobrador, buscando:

- relações entre as mesmas;
- relações entre elas e o local em que a bola foi chutada e a velocidade da bola;
- descrever as relações entre a velocidade da bola, o resultado e o local em que a bola foi chutada;
- comparar as estratégias do goleiro levando em conta o local em que a bola foi chutada, a velocidade da bola e o resultado;
- comparar os campeonatos com relação ao desempenho dos cobradores e goleiros e por último
- verificar se existe associação entre a velocidade da bola e o reflexo do goleiro.

2. Descrição do Estudo

O estudo se baseou em gravações de vídeos dos pênaltis da Copa do Mundo de 2002 e de campeonatos interclubes dos anos de 2000 a 2002. Ao todo, 75 pênaltis foram gravados, 37 da Copa do Mundo de 2002 e 38 de campeonatos interclubes, onde temos 18 pênaltis da Copa Libertadores da América e 20 do Campeonato Italiano. Depois da gravação do vídeo em fita VHS, a próxima fase foi a de digitalização do vídeo através de um computador. Dessa forma, foi possível analisar o processo de cobrança do pênalti quadro a quadro, onde cada quadro representa um tempo de 33 milissegundos (ms).

3. Descrição das Variáveis

Número do chute: número apenas para identificação do pênalti

Campeonato:

- Copa do Mundo de 2002;
- Campeonato Interclubes (Copa Libertadores da América e Campeonato Italiano);

Jogo: descrição dos times que estavam jogando, por exemplo, Paraguai x África do Sul;

Time que cobrou: nome do time que cobrou o pênalti;

Posição inicial do cobrador: com a visão do batedor, indica de que lado o cobrador estava no início da cobrança em relação à bola:

- Esquerda;
- Centro;
- Direita;

Número de passos do cobrador até a bola

Pé de chute do cobrador: descreve com qual pé o cobrador chutou a bola:

- Direito;
- Esquerdo;

Frames: número de quadros que foram contados do contato do cobrador com a bola até que a mesma atingisse o plano do gol;

Obstáculo: indica se a bola bateu no goleiro ou na trave antes de ir para gol:

- Nada;
- Goleiro;
- Trave;

Resultado:

- Defesa;
- Gol;
- Fora;

Gol : apenas um reagrupamento da variável resultado, indicando se foi ou não gol:

- Não;
- Sim;

Momento em que o goleiro pulou: com relação ao momento em que o cobrador toca na bola, essa variável indica o momento em que o goleiro iniciou o movimento:

- Antes;
- Junto;
- Depois;

Tempo que a bola levou para atingir o plano do gol: calculada a partir da variável frames em milissegundos (ms);

Velocidade da bola: calculada a partir do tempo que a bola levou para atingir o plano do gol e considerando que a distância da marca de pênalti até a linha do gol é de 11,15m, em km/h;

Tempo de reação do goleiro: número de quadros contados do momento em que o cobrador toca na bola até o início do movimento do goleiro

Para que se pudesse coletar informações das variáveis posição horizontal e posição vertical, o gol foi dividido em 24 quadros, sendo 8 de largura e 3 de altura, como mostra a Figura 1 .

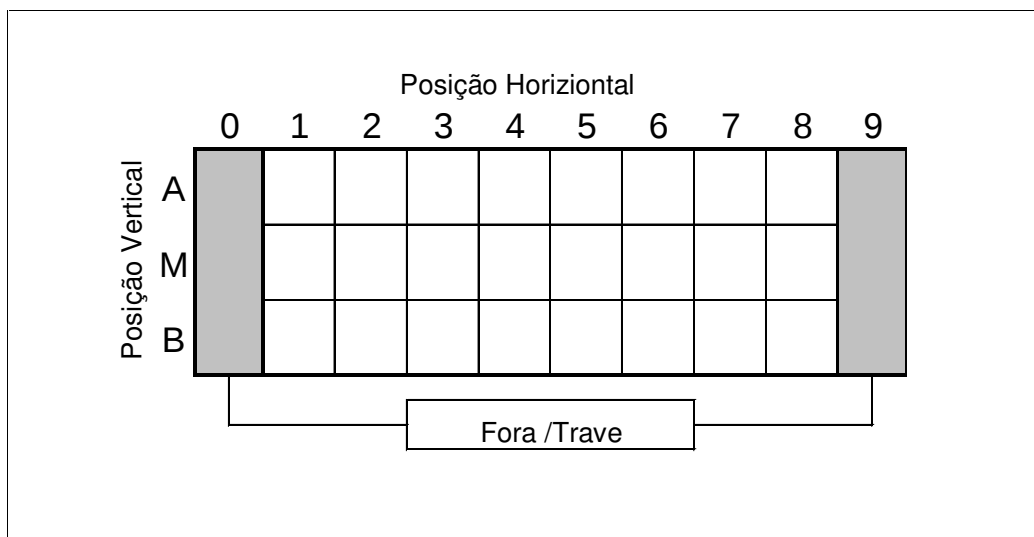


Figura 1: Divisão do gol nas 24 partes

Como podemos ver, além das 8 posições horizontais, temos também as posições horizontais 0 e 9, indicando que a bola bateu na trave ou foi para fora do gol.

Posição Vertical: indica, de acordo com a Figura 1, qual a posição vertical que o centro da bola atingiu no plano do gol depois do chute;

Posição Horizontal: indica, de acordo com a Figura 1, qual a posição horizontal atingida pelo centro da bola no plano do gol depois do chute.

A posição horizontal pode ser reagrupada em 3 regiões: lado esquerdo, centro e lado direito. O critério de reagrupamento dessas posições está de acordo com a ocupação do espaço por parte do goleiro. Dessa forma, as posições 4 e 5 serão consideradas o centro, pois são as posições ocupadas pelo goleiro, as posições de 1 a 3 o lado esquerdo e as posições de 6 a 8 o lado direito. O reagrupamento pode ser visto na Figura 2.

1

2

3

4

5

6

7

8

Lado Esquerdo

Centro

Lado Direito

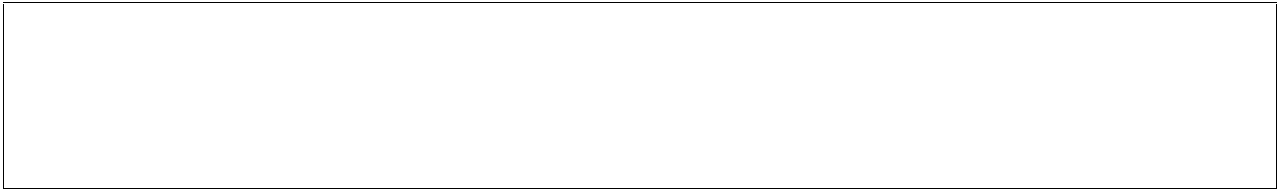


Figura 2: Reagrupamento das posições horizontais em lado esquerdo, centro e lado direito

Lado que o goleiro pulou: com a visão do cobrador, e de acordo com a Figura 2, indica o lado que o goleiro pulou:

- Esquerdo;
- Centro;
- Direito;

Lado que a bola foi chutada: sob a visão do cobrador e de acordo com a Figura 2, indica aonde a bola foi chutada:

- Esquerdo;
- Centro;
- Direito;

Goleiro pulou na mesma direção da bola:

- Sim;
- Não;

Excentricidade: indica o quanto a bola se afastou do centro no momento em que ela atingiu o plano do gol. Os valores possíveis vão de 0 a 3 como mostrado na Figura 3. O valor 4 foi atribuído aos gols fora ou que bateram na trave.

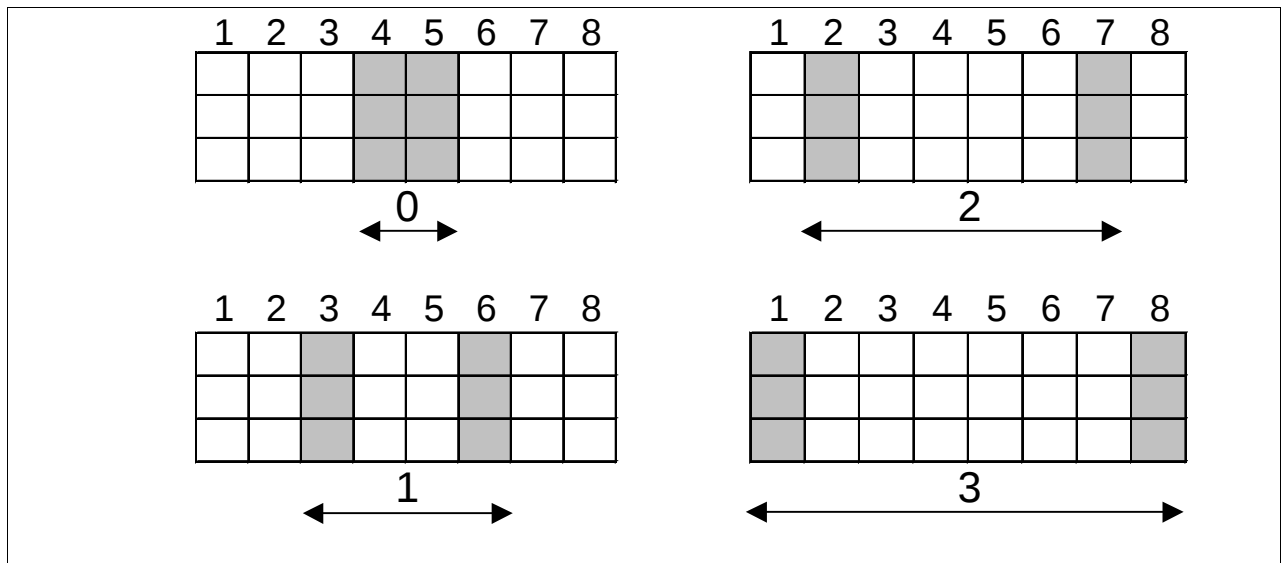


Figura 3: Descrição da variável excentricidade

4. Análise Descritiva

Os dados foram analisados considerando a Copa do Mundo de 2002 e os jogos interclubes. Para facilitar a análise dos dados, vamos separar a análise em quatro fases: análise do cobrador, análise do goleiro, análise da relação da velocidade da bola com relação ao resultado e ao local em que a bola foi chutada e, por último, a análise da relação entre a velocidade da bola e o reflexo do goleiro.

4.1. Cobrador

Podemos observar pela Tabela A.1 que a maioria dos jogadores sempre procuram ficar do lado contrário ao pé de chute para cobrar o pênalti e que somente os destros chutaram tomando como posição inicial o centro. A relação entre a posição inicial e o local em que a bola foi chutada, mostra que os jogadores preferem chutar em um dos lados do gol, como podemos ver na Tabela A.2 e Tabela A.3, independentemente da posição inicial do cobrador. A velocidade da bola foi analisada segundo o pé de chute do cobrador e os campeonatos. Pelo Gráfico B.1 (Bussab e Morettin, 2002) e Tabela A.4, podemos ver que ocorre uma variabilidade maior entre os destros da Copa do Mundo de 2002 quando comparados aos destros dos jogos interclubes, o mesmo ocorre para os canhotos. Além disso, comparando as médias através do Gráfico B.2 e Gráfico B.3, podemos perceber que na Copa do Mundo de

2002 a média da velocidade da bola foi maior. Outra associação investigada foi entre as variáveis velocidade da bola e número de passos do cobrador até a bola. Pelo Gráfico B.4, podemos perceber que não existe aparentemente relação entre o número de passos do cobrador até a bola e a velocidade da bola.

4.2. Goleiro

Podemos observar na Tabela A.5 e na Tabela A.6, que pular antes do cobrador tocar na bola é uma estratégia ineficaz, uma vez que os goleiros só conseguem pular na direção correta em quase 30% dos casos. Podemos notar também que os goleiros dos campeonatos interclubes parecem ter um desempenho melhor quando pulam junto ou depois que o cobrador bateu o pênalti. No entanto, em ambos os casos o desempenho é melhor se compararmos ao desempenho quando o goleiro pula antes da cobrança do pênalti. Desconsiderando os campeonatos, a porcentagem de acerto do goleiro chega aproximadamente a 70% se ele pular junto ou depois que o cobrador toca na bola e passa a 30% quando ele pula antes (Tabela A.6). Estudando agora o resultado, segundo o momento em que o goleiro pulou e o campeonato, observamos que pular antes continua sendo uma estratégia pior. Observe pela Tabela A.7 e pela Tabela A.8 que a proporção de defesa aumenta de 11% para mais de 30% quando o goleiro pula junto ou depois que o cobrador toca na bola. Para verificar como a excentricidade e a posição vertical afetaram o desempenho do goleiro, consideramos apenas os casos em que o goleiro pulou na direção da bola. Podemos ver pela Tabela A.9, que a excentricidade parece afetar o desempenho do goleiro, quando ela é igual a 3, ou seja, quando os cobradores chutam nos extremos do gol. Com relação à altura, é difícil fazer alguma afirmação em virtude do número baixo de pênaltis nas posições média e alta em que o goleiro foi na direção da bola (Tabela A.10).

4.3. Relações entre a Velocidade da bola, o Resultado e o Local em que a bola foi chutada

Como podemos ver pela Tabela A.11, a velocidade da bola foi dividida em faixas para que pudéssemos analisar de forma mais clara a relação entre a velocidade e o resultado. O critério para criar as faixas foram os percentis de ordem 20 , 40 , 60 e 80. Graças a essa divisão, podemos perceber que ocorre uma queda no desempenho dos

cobradores na última faixa de velocidade. Uma hipótese que surgiu daí foi a de que existe uma associação entre a velocidade da bola e a precisão do chute. Para investigar isso, fizemos algumas medidas descritivas da velocidade da bola segundo a excentricidade (Tabela A.12), bem como os box plots (Gráfico B.5), e constatamos que parece haver uma tendência de queda da velocidade mediana conforme a excentricidade aumenta. A relação entre a velocidade da bola e a posição vertical foi investigada através de box plots e constatamos que não há indícios de associação entre essas duas variáveis (Gráfico B.6).

4.4. Relação entre a Velocidade da bola e o Tempo de reação do goleiro

Para analisar esta relação, foi feito um gráfico de dispersão dos pênaltis em que os goleiros pularam depois que o cobrador tocou na bola. Pelo Gráfico B.7, podemos constatar a existência de casos extremos. Em um dos pênaltis, a velocidade da bola foi relativamente baixa (99 km/h) e o tempo de reação foi alto (3,5 quadros), no entanto, esse goleiro não pulou na direção da bola. No outro caso, a velocidade da bola foi alta (121 km/h), no entanto, o tempo de reação foi baixo (1 quadro) e o goleiro pulou na direção da bola.

5. Análise Inferencial

Para não ficar confuso, iremos separar a análise inferencial no itens:

- cobrador;
- relações entre a velocidade da bola, o resultado e o local em que a bola foi chutada;
- goleiro;
- melhor estratégia.

Antes de iniciar a análise, precisamos deixar claro aqui que em todos os testes que fizemos, consideramos que existe independência entre um pênalti e outro, o que pode não ser verdade, tendo em vista que alguns goleiros podem preferir um dos lados, ou ter mais habilidade.

5.1. Cobrador

Para investigar a relação entre a posição inicial do cobrador e o local em que a bola foi chutada (Tabela A.3), utilizamos o teste de qui-quadrado com correção de Yates (ver Agresti, 1990) chegando à conclusão que não há associação estatisticamente significativa entre a posição inicial do cobrador e o local em que a bola foi chutada ($p = 0,98$). Pela mesma tabela, podemos notar que os jogadores tem preferência pelos lados. Para investigar se existia alguma preferência para o lado esquerdo ou direito, aplicamos o teste FBST (ver Apêndice C), e concluímos que não existe evidência de preferência para um dos lados (Evidência = 0,61).

A comparação da velocidade da bola segundo o pé de chute do cobrador e os campeonatos foi feita utilizando o teste t para amostras independentes em duas etapas, pois tratam-se de contrastes ortogonais (ver Winer, 1971). Na primeira comparamos o pé de chute para cada campeonato, e chegamos à conclusão de que não existe diferença estatisticamente significativa entre os canhotos e os destros, tanto para a Copa do Mundo de 2002 como para os campeonatos Interclubes (Tabela A.13). Depois disso, comparamos a velocidade média entre a Copa do Mundo de 2002 e o Interclubes que resultou numa diferença média de 20 Km/h estatisticamente significativa ($p < 0,01$) como podemos ver na Tabela A.14.

Também estudamos a associação do número de passos do cobrador até a bola e a velocidade da bola, utilizando o coeficiente de correlação de Pearson (ver Bussab e Morettin, 2002) chegamos à conclusão de que não há associação linear estatisticamente significativa entre a velocidade da bola e o número de passos do cobrador até a bola (Tabela A.15).

5.2. Relações entre a Velocidade da bola, o Resultado e o Local em que a bola foi chutada

Para investigar se a velocidade da bola e a excentricidade apresentam alguma associação linear, calculamos o coeficiente de correlação de Pearson e chegamos à conclusão que apesar de apresentar um p-valor de 5,8%, o valor do coeficiente é baixo (Tabela A.16), ou seja, não existe uma relação forte entre a velocidade da bola e a excentricidade. O cálculo do coeficiente de correlação de Pearson se justifica, uma vez

que a hipótese era a de que chutar nos cantos do gol exige mais precisão e, portanto, uma velocidade menor da bola.

Para investigar a associação entre a velocidade da bola e a posição vertical, foi feita uma análise de variância com um fator (ver Neter et al.,1996). Com isso, não constatamos diferença estatisticamente significativa para a velocidade média da bola entre as posições alta, média e baixa ($p = 0,417$).

A associação entre a velocidade da bola e o resultado também foi investigada. Observe na Tabela A.11, que a última faixa de velocidade sugere um desempenho pior dos cobradores. No entanto, utilizando o teste de qui-quadrado com correção de Yates, concluímos que não há associação estatisticamente significativa entre a velocidade da bola e o resultado ($p = 0,80$).

5.3. Goleiro

Para verificar qual é a melhor estratégia para o goleiro, desconsideramos as bolas que foram fora do gol e fizemos um teste de homogeneidade entre as estratégias. Como podemos ver na Tabela A.17, parece haver uma certa homogeneidade quando consideramos os pênaltis em que os goleiros pularam junto ou depois. Utilizando o teste FBST, chegamos a um valor de evidência de 0,93, ou seja, existe evidências estatísticas de homogeneidade entre esses dois grupos, portanto, o próximo passo, foi comparar a distribuição do resultado (defesa ou gol), para os pênaltis em que os goleiros pularam antes e os pênaltis em que os goleiros pularam junto ou depois (Tabela A.18). Novamente, utilizamos o teste FBST e o valor da evidência foi de 0,044. Portanto, podemos dizer que há evidência estatística de que os dois grupos não são homogêneos, ou que a proporção de pênaltis defendidos para os goleiros que pularam junto ou depois é maior do que para aqueles goleiros que pularam antes.

Para verificar se existe alguma associação entre a velocidade da bola e o reflexo do goleiro, foi feito uma análise de variância com dois fatores fixos (ver Neter,et al.,1996) para comparar a velocidade média da bola, onde o primeiro fator é o momento em que o goleiro pulou e o segundo fator o fato do goleiro ter ou não pulado na direção da bola. Os resultados da Tabela A.19 mostram que nenhum dos fatores teve efeito significativo. Portanto, não há evidências de que a velocidade média da bola é diferente

entre os goleiros que pularam na direção da bola e os que não pularam, tanto para aqueles que pularam antes como para aqueles que pularam junto ou depois.

5.4. Melhor Estratégia

Para verificar qual a melhor estratégia, tanto para o goleiro como para o cobrador, fizemos uma regressão logística (ver Hosmer e Lemeshow, 1989) onde a resposta considerada foi o gol ou a defesa, sendo as bolas fora desconsideradas do estudo. Para obter um modelo final, consideramos inicialmente apenas os fatores principais e utilizamos o método backward de seleção de variáveis (ver Hosmer e Lemeshow, 1989), reduzindo assim o número de fatores. Depois disso, investigamos as possíveis interações que poderiam existir entre os fatores que permaneceram no modelo. Os fatores estudados foram:

- Campeonato;
- Excentricidade;
- Momento em que o goleiro pulou;
- Velocidade da bola;
- Número de passos até a bola;
- Lado que o goleiro pulou;
- Lado que a bola foi chutada;
- Tempo de reação do goleiro;
- Posição vertical;

Tendo em vista que os resultados da análise descritiva (Tabela A.9), o fator Excentricidade foi reagrupado da seguinte forma:

- 0 : quando a excentricidade foi igual a 0,1 ou 2;
- 1 : quando a excentricidade teve valor 3;

Dessa forma, o fator Excentricidade representa agora o fato do cobrador ter chutado a bola no canto ou não. O resultado final do modelo está na Tabela A.20. Os fatores que ficaram no modelo foram :

- Momento em que o goleiro pulou (Antes, Junto, Depois);
- Excentricidade.

Neste modelo, o sucesso representa o gol e o fracasso a defesa. Na Tabela A.21, temos a chance e a razão de chances para as diversas combinações dos fatores utilizando a regressão logística. Podemos ver que a probabilidade de fazer o gol só é menor que a probabilidade de defender o gol quando o goleiro pula no momento em que o cobrador toca na bola (junto), e que a chance de fazer o gol quando o cobrador chuta a bola no canto é sempre alta.

6. Conclusões

Com relação aos cobradores, podemos dizer que não existe associação entre o local em que a bola foi chutada e a posição inicial do jogador. Nos dois campeonatos, notamos que os destros partem sempre da esquerda ou do centro e que os canhotos sempre partem da direita. Comparando o local em que a bola foi chutada, podemos dizer que existe preferência pelos lados do gol e não pelo centro, além disso, as proporções de chutes para o lado esquerdo ou direito não apresentaram diferenças estatisticamente significantes. Não existe, ou não foi evidenciado que existe diferença entre destros e canhotos quando comparamos a velocidade média da bola. No entanto, esta foi maior na Copa do Mundo de 2002 quando comparada à velocidade média dos campeonatos Interclubes. Não existe associação linear entre o número de passos do jogador até a bola e a velocidade da bola.

Não encontramos associações entre a velocidade da bola e a excentricidade, posição vertical e o resultado. No caso da excentricidade, havíamos sugerido uma relação linear entre a excentricidade e a velocidade, ou seja, havíamos sugerido que chutes cada vez mais nos extremos deveriam ser cada vez mais fracos, no entanto, não encontramos uma associação linear forte quando testamos essa hipótese. Para as associações entre a velocidade da bola e a posição vertical, bem como o resultado, comparamos a velocidade média da bola e não constatamos nenhuma diferença estatisticamente significativa.

A proporção de defesa para os goleiros que pularam junto ou depois são estatisticamente iguais entre si, mas diferentes quando comparadas à proporção de defesa dos goleiros que pularam antes. Não encontramos associações entre a velocidade da bola e o reflexo do goleiro, uma vez que, quando comparamos a velocidade média da bola levando em conta o momento em que o goleiro pulou e o fato

de ter ou não pulado na direção da bola, não encontramos diferenças estatisticamente significantes.

Finalmente, podemos dizer que a melhor estratégia para o cobrador é chutar nos extremos do gol e que para o goleiro a melhor estratégia é pular junto à cobrança do pênalti.

Apêndice A - Tabelas

Tabela A.1 : Distribuição da Posição inicial do cobrador segundo o Campeonato e o Pé de chute do cobrador

Campeonato	Pé de chute do cobrador	Posição inicial do cobrador			Total
		Esquerda	Centro	Direita	
Copa 2002	Direito	23	6		29
		79%	21%		100%
	Esquerdo			8	8
				100%	100%
Interclubes	Total	23	6	8	37
		62%	16%	22%	100%
	Direito	25	4		29
		86%	14%		100%
	Esquerdo			9	9
				100%	100%
	Total	25	4	9	38
		66%	11%	24%	100%

Tabela A.2: Distribuição da variável Lado que a bola foi chutada segundo a Posição inicial do cobrador e o Campeonato

Campeonato	Posição inicial do cobrador	Lado que a bola foi chutada			Total
		Esquerda	Centro	Direita	
Copa 2002	Esquerda	8	5	10	23
		35%	22%	44%	100%
	Centro	3	1	2	6
		50%	17%	33%	100%
	Direita	4		4	8
Interclubes	Esquerda	50%		50%	100%
		15	6	16	37
	Centro	41%	16%	43%	100%
		12	2	11	25
	Direita	48%	8%	44%	100%
	Centro			4	4
				100%	100%
	Direita	3	3	3	9
		33%	33%	33%	100%
	Total	15	5	18	38
		40%	13%	47%	100%

Tabela A.3: Distribuição da variável Lado que a bola foi chutada segundo a Posição inicial do cobrador

Posição inicial do cobrador	Lado que a bola foi chutada			Total
	Esquerda	Centro	Direita	
Esquerda	20	7	21	48
	42%	15%	44%	100%
Centro	3	1	6	10
	30%	10%	60%	100%
Direita	7	3	7	17
	41%	18%	41%	100%
Total	30	11	34	75
	40%	15%	45%	100%

Tabela A.4: Medidas descritivas da Velocidade da bola em função do Pé de chute do cobrador e do Campeonato

Campeonato	Pé de chute do cobrador	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Copa 2002	Direito	29	113	14	3	112	81	141
	Esquerdo	8	123	13	5	120	107	140
	Total	37	115	15	2	115	81	141
Interclubes	Direito	29	95	6	1	94	86	105
	Esquerdo	9	98	8	3	96	89	111
	Total	38	95	6	1	95	86	111
Total	Direito	58	104	14	2	101	81	141
	Esquerdo	17	110	17	4	107	89	140
	Total	75	105	15	2	101	81	141

Tabela A.5: Distribuição da variável Goleiro pulou na direção da bola segundo o Momento em que o goleiro pulou e o Campeonato

Campeonato	Momento em que o goleiro pulou	Goleiro pulou na direção da bola		Total
		Não	Sim	
Copa 2002	Antes	16	6	22
		73%	27%	100%
	Junto	3	3	6
		50%	50%	100%
	Depois	4	5	9
		44%	56%	100%
Interclubes	Antes	23	14	37
		62%	38%	100%
	Junto	17	7	24
		71%	29%	100%
	Depois	1	4	5
		20%	80%	100%
Total	Total	1	8	9
		11%	89%	100%
	Total	19	19	38
		50%	50%	100%

Tabela A.6: Distribuição da variável Goleiro pulou na direção da bola segundo o Momento em que o goleiro pulou

Momento em que o goleiro pulou	Goleiro pulou na direção da bola		Total
	Não	Sim	
Antes	33	13	46
	72%	28%	100%
Junto	4	7	11
	36%	64%	100%
Depois	5	13	18
	28%	72%	100%
Total	42	33	75
	56%	44%	100%

Tabela A.7: Distribuição do Resultado segundo Momento em que o goleiro pulou e o Campeonato

Campeonato	Momento em que o goleiro pulou	Resultado			Total
		Defesa	Gol	Fora	
Copa 2002	Antes	3	17	2	22
		14%	77%	9%	100%
	Junto	2	3	1	6
		33%	50%	17%	100%
	Depois	3	6		9
		33%	67%		100%
Interclubes	Antes	8	26	3	37
		22%	70%	8%	100%
	Junto	2	3		5
		40%	60%		100%
	Depois	3	6		9
		33%	67%		100%
Total	Total	7	31		38
		18%	82%		100%

Tabela A.8: Distribuição do Resultado segundo Momento em que o goleiro pulou

Momento em que o goleiro pulou	Resultado			Total
	Defesa	Gol	Fora	
Antes	5	39	2	46
	11%	85%	4%	100%
Junto	4	6	1	11
	36%	55%	9%	100%
Depois	6	12		18
	33%	67%		100%
Total	15	57	3	75
	20%	76%	4%	100%

Tabela A.9: Distribuição do Resultado segundo a Excentricidade, considerando apenas os pênaltis em que os goleiros pularam na direção da bola

Excentricidade	Resultado			Total
	Defesa	Gol	Fora	
0	1	1		2
	50%	50%		100%
1	5	2		7
	71%	29%		100%
2	8	5		13
	62%	39%		100%
3	1	10		11
	9%	91%		100%
Total	15	18		33
	46%	55%		100%

Tabela A.10: Distribuição do Resultado segundo a Posição vertical, considerando apenas os pênaltis em que os goleiros pularam na direção da bola

Posição Vertical	Resultado			Total
	Defesa	Gol	Fora	
Baixa	12	11		23
	52%	48%		100%
Média	3	6		9
	33%	67%		100%
Alta		1		1
		100%		100%
Total	15	18		33
	46%	55%		100%

Tabela A.11: Distribuição do Resultado segundo a Velocidade da bola

Velocidade		Resultado			Total
		Defesa	Gol	Fora	
81	---- 93	1	13	1	15
		7%	87%	7%	100%
93	---- 98	3	12		15
		20%	80%		100%
98	---- 104	4	12		16
		25%	75%		100%
104	---- 121	1	12	1	14
		7%	86%	7%	100%
121	---- 141	6	8	1	15
		40%	53%	7%	100%
Total		15	57	3	75
		20%	76%	4%	100%

Tabela A.12: Medidas descritivas da Velocidade da bola segundo a Excentricidade

Excentricidade	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
0	11	112	10	3	111	92	122
1	15	107	15	4	101	86	135
2	25	105	16	3	99	86	138
3	22	103	15	3	96	86	141
Total	73	106	15	2	101	86	141

Tabela A.13: Comparação da Velocidade média da bola segundo o Pé de chute do cobrador para a Copa do Mundo de 2002 e Interclubes

Campeonato	Diferença Média (Direito - Esquerdo)	Erro Padrão	Intervalo de Confiança (95%)		p-valor
			Limite Inferior	Limite Superior	
Copa do Mundo de 2002	-10,2	5,7	-21,7	1,2	0,079
Interclubes	-3,2	2,4	-8,1	1,7	0,197

Tabela A.14: Diferença média da Velocidade da bola em cobranças de pênaltis entre os campeonatos da Copa do Mundo de 2002 e Interclubes

Diferença Média (Copa do Mundo de 2002 – Interclubes)	Erro Padrão	Intervalo de Confiança (95%)		p - valor
		Limite Inferior	Limite Superior	
20	3	15	25	<0,01

Tabela A.15: Associação linear entre a Velocidade da bola e o Número de passos do jogador até a bola

Coeficiente de correlação de Pearson	p-valor
0,015	0,89

Tabela A.16: Associação Linear entre a velocidade da bola e a Excentricidade

Coeficiente de correlação de Pearson	p-valor
-0,220	0,058

Tabela A.17: Distribuição do Resultado segundo o Momento em que o goleiro pulou desconsiderando as bolas fora

Momento em que o goleiro pulou	Resultado		Total
	Defesa	Gol	
Antes	5	39	44
	11%	89%	100%
Junto	4	6	10
	40%	60%	100%
Depois	6	12	18
	33%	67%	100%
Total	15	57	72
	21%	79%	100%

Tabela A.18: Distribuição do Resultado segundo o momento em que o goleiro pulou desconsiderando as bolas fora

Momento em que o goleiro pulou	Resultado		Total
	Defesa	Gol	
Antes	5	39	44
	11%	89%	100%
Junto ou Depois	10	18	28
	36%	64%	100%
Total	15	57	72
	21%	79%	100%

Tabela A.19: Níveis descritivos da análise de variância com dois fatores

Fator	p - valor
Momento em que o goleiro pulou	0,884
Goleiro pulou na direção da bola	0,802
Momento em que o goleiro pulou X Goleiro pulou na direção da bola	0,200

Tabela A.20: Resultado da regressão logística, onde Antes, Junto e Depois se referem aos níveis do fator Momento em que o goleiro pulou

Variável	Razão de Chances 1/Razão de chances	Intervalo de 95% de Confiança		p-valor	
		Limite Inferior	Limite Superior		
Antes					
Junto	0,17	5,92	0,03	0,91	0,038
Depois	0,25	4,07	0,06	1,01	0,051
Excentricidade	9,01	0,11	1,05	77,24	0,045

Tabela A.21: Chance e razão de chances (RC) para as combinações dos fatores da regressão logística

Antes	Junto	Depois	Excentricidade	Chance	RC
1	0	0	0	5.36	
0	1	0	0	0.91	0.17
0	0	1	0	1.32	0.25
1	0	0	1	48.29	9.01
0	1	0	1	8.16	1.52
0	0	1	1	11.86	2.21

* Chance = (Probabilidade de gol/Probabilidade de defesa)

* Para a Razão de chances a referência utilizada foi a primeira combinação

Apêndice B - Gráficos

Gráfico B.1: Box plots da Velocidade da bola segundo o Campeonato e o Pé de chute do cobrador

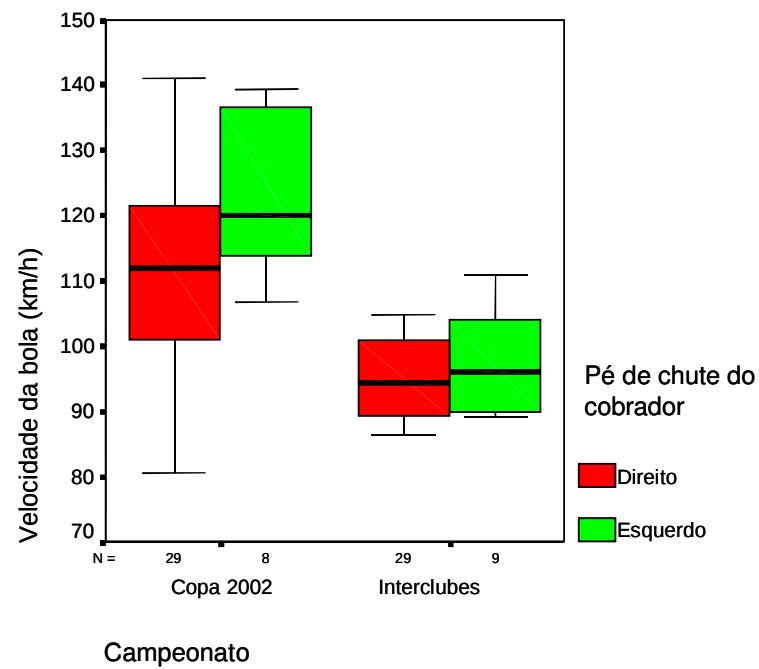


Gráfico B.2: Gráfico do intervalo de confiança (95%) das médias da Velocidade da bola por Campeonato e Pé de chute do cobrador

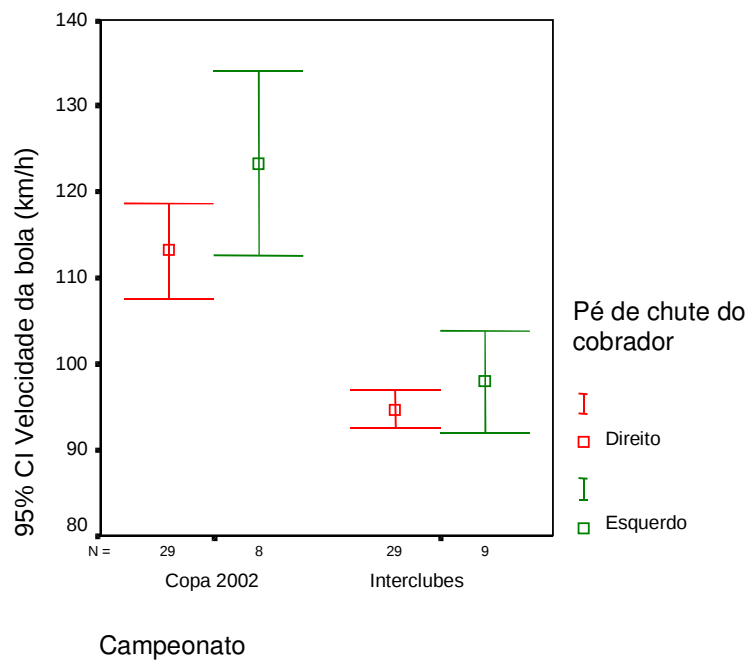


Gráfico B.3: Gráfico do intervalo de confiança (95%) da média da Velocidade da bola por Campeonato

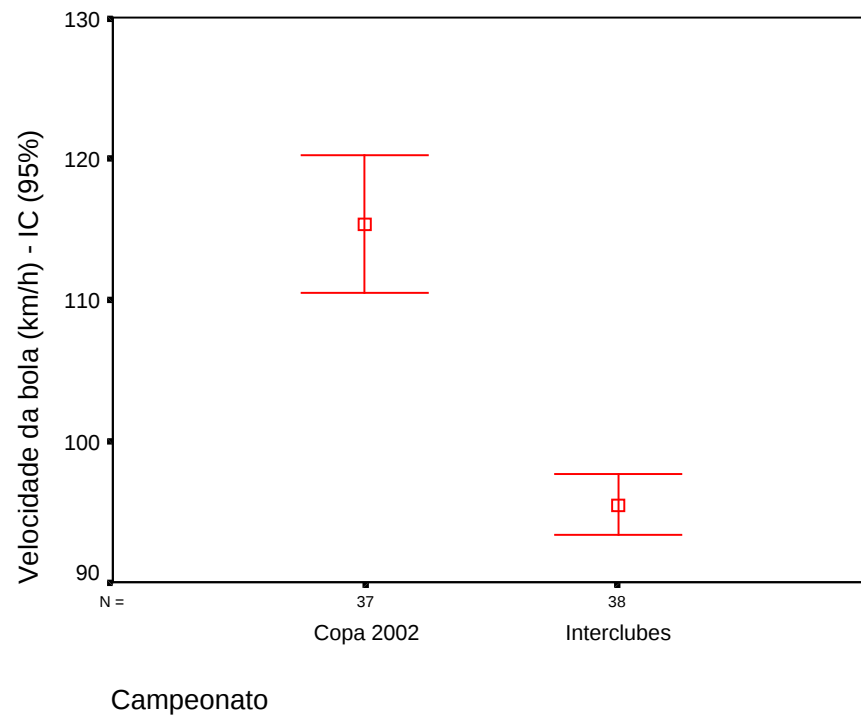


Gráfico B.4: Velocidade da bola vs Número de passos do cobrador até a bola

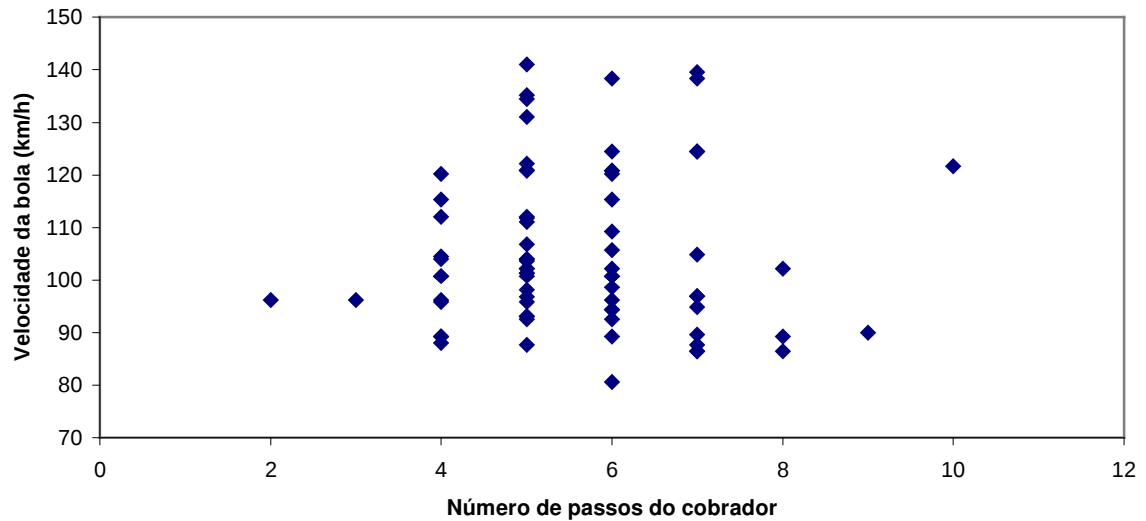


Gráfico B.5: Box plots da Velocidade da bola segundo a Excentricidade (desconsiderando o valor 4)

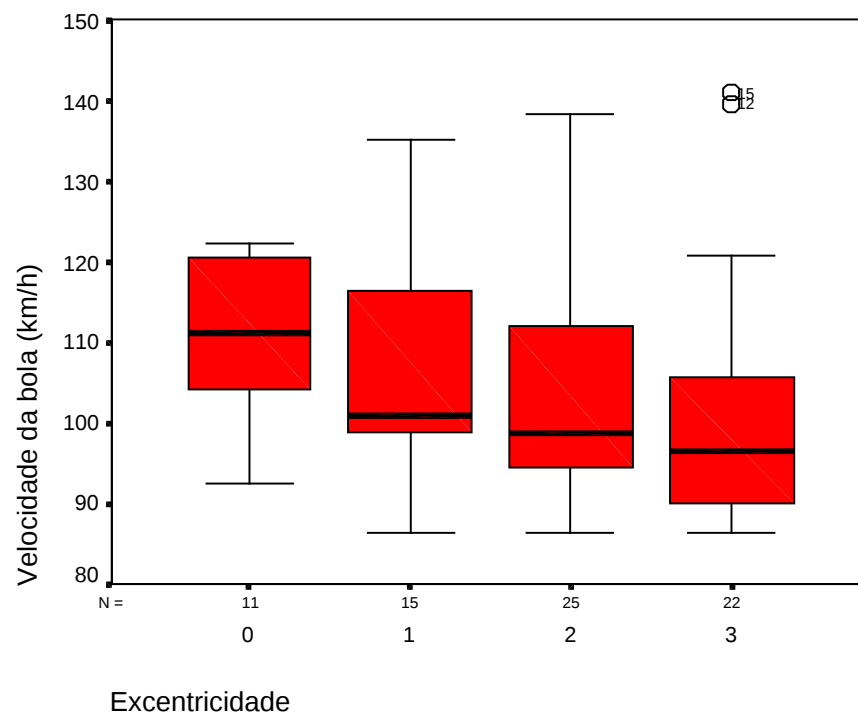


Gráfico B.6: Box plots da Velocidade da bola segundo a Posição vertical

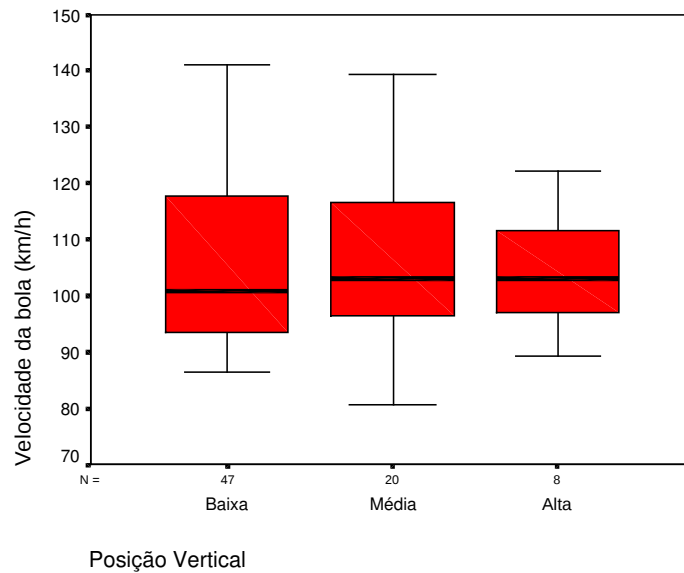
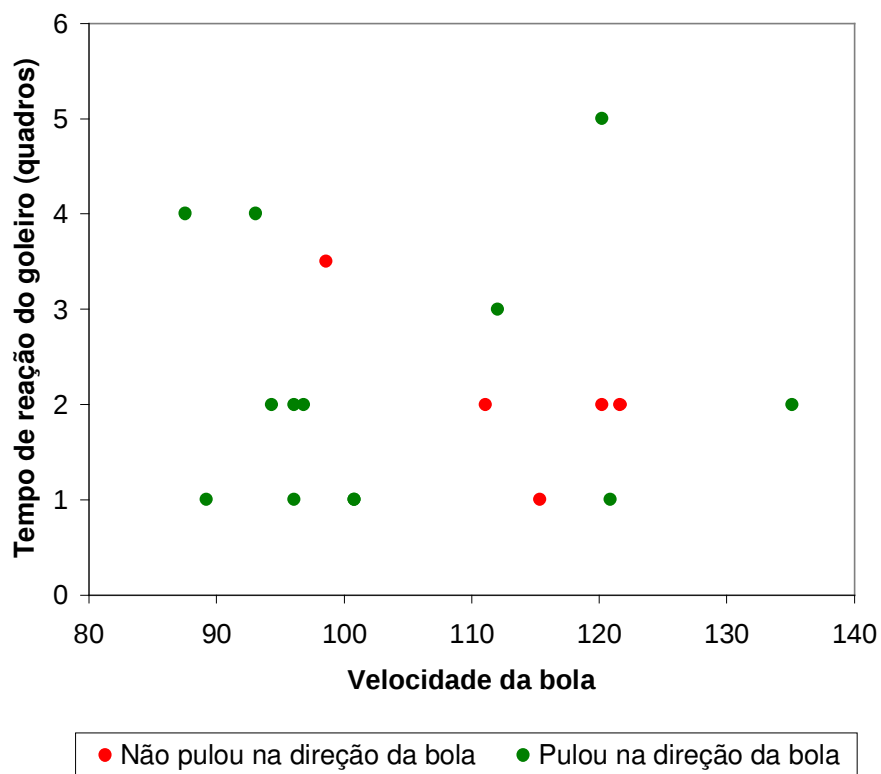


Gráfico B.7: Tempo de reação do goleiro vs Velocidade da bola para os pênaltis em que os goleiros pularam depois que o cobrador tocou na bola



Apêndice C

Testes de Hipóteses Definidos Exclusivamente na Verossimilhança

Testes de hipótese ou de significância normalmente dependem fortemente do modelo estatístico completo. Isto é, são dependentes do modelo de probabilidade, do espaço amostral, que por sua vez depende da regra de parada, e do espaço paramétrico. Evidentemente não há necessidade de uma discussão sobre a qualidade e a utilidade desses procedimentos. Contudo, existem situações onde a regra de parada é desconhecida e assim o espaço amostral não é bem definido. Por exemplo, o caso do número de penalidades ocorridas em um campeonato. Esse número não é conhecido antes de sua observação. Isto é, o tamanho da amostra é uma variável aleatória com distribuição desconhecida. Mesmo com essa restrição, a função de verossimilhança é bem definida. No nosso caso, teríamos uma série de observações de variáveis de Bernoulli independentes. Uma série de eventos dicotômicos (sucesso ou fracasso) são observados com probabilidade de sucesso constante, desconhecida e representada por π . Em uma série de observações de tais eventos a verossimilhança seria $\pi^x(1-\pi)^y$, onde x e y são os números de sucessos e fracassos, independentemente da regra de parada que foi utilizada. Se a regra de parada é binomial, positiva ou negativa, ou qualquer outra, a verossimilhança é exatamente a mesma. Os procedimentos conhecidos de teste de hipótese, no caso de desconhecimento da regra de parada ou de sua distribuição de probabilidades, estão impossibilitados de uso. Neste apêndice apresentamos uma nova forma de avaliação de uma hipótese nula onde apenas a verossimilhança necessita ser conhecida.

Teste de Significância Baseado Exclusivamente na Verossimilhança (FBST)

Lembremos inicialmente que a função de verossimilhança é definida apenas após a observação da amostra, no nosso caso $(\mathbf{x}; \mathbf{y})$. Após a observação amostral, essa função tem como domínio o espaço paramétrico. Na verdade a função de verossimilhança ordena o espaço paramétrico dando preferência aqueles com maior valores da função. Na verdade, esse é o princípio que norteia o Estimador de Máxima Verossimilhança. Comparando dois pontos do espaço paramétrico diremos que o que possui maior verossimilhança é mais plausível do que o seu concorrente. Assim quando temos uma hipótese precisa $\mathbf{H}: \pi = \pi_0$ contra uma alternativa composta $\mathbf{A}: \pi \neq \pi_0$, se o conjunto de pontos mais plausíveis que π_0 é muito provável, devemos considerar que $\mathbf{H}$ deve ser rejeitado. Entretanto, se esse conjunto é pouco provável não há razão para rejeitarmos $\mathbf{H}$ em favor de $\mathbf{A}$. Para considerarmos o conceito de mais provável é necessário definirmos a verossimilhança normalizada. Um conjunto de pontos paramétricos terá medida de evidência igual a integral da verossimilhança neste conjunto dividido pela integral da verossimilhança no espaço paramétrico completo.

Consideremos o conjunto Θ_A de pontos do espaço paramétrico com maior plausibilidade do que π_0 e Θ o conjunto de todos os pontos do espaço paramétrico. A evidência dos dados em favor de $\mathbf{A}$ será então:

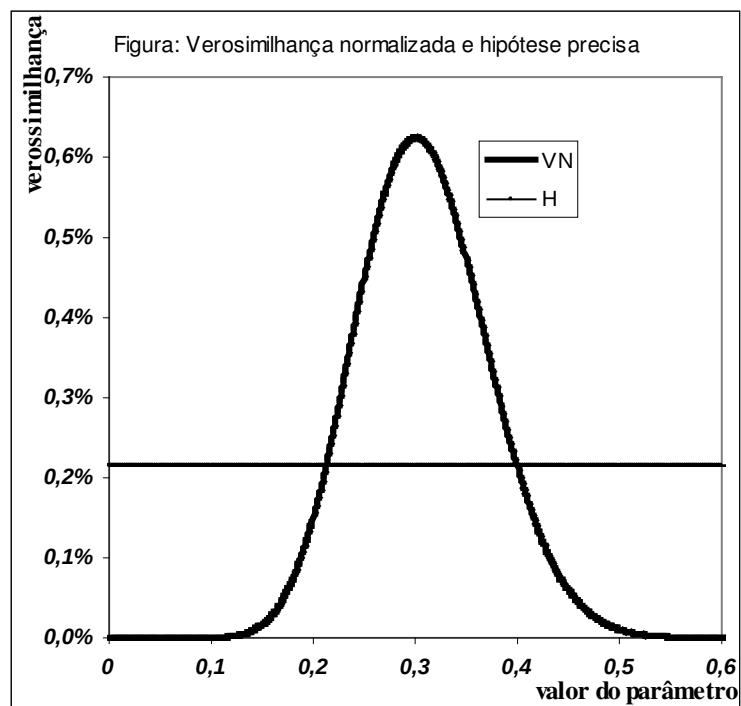
$$\text{Ev}(\mathbf{A}) = \frac{\int_{\Theta_A} f(\pi | x, y) d\pi}{\int_{\Theta} f(\pi | x, y) d\pi}$$

A evidência em favor de $\mathbf{H}$ seria então $\text{Ev}(\mathbf{H}) = 1 - \text{Ev}(\mathbf{A})$.

Para entendermos melhor a metodologia descrita acima consideremos o seguinte exemplo:

Suponha que foram observados 15 sucessos e 35 fracassos em uma série de 50 realizações de um processo de Bernoulli. A verossimilhança e hipótese **H**: $\pi=0,4$ estão representadas no gráfico da figura abaixo. A evidência em favor de **H** é dada por:

$$Ev(H) = 1 - \frac{\int_0^{0,400} \pi^{15} (1-\pi)^{35} d\pi}{\int_0^1 \pi^{15} (1-\pi)^{35} d\pi} = 0,137644$$



Comparando esse procedimento com o teste qui-quadrado para binomial teríamos 14,89% e para binomial negativa teríamos 4,55%. Fica claro que o princípio da verossimilhança não é violado por nosso procedimento de cálculo de evidência.