



## 19 Congresso de Iniciação Científica

# ANÁLISE CINÉTICA E CINEMÁTICA DO SALTO A PARTIR DA POSIÇÃO ORTOSTÁTICA

### Autor(es)

---

GABRIELA MARGATO

### Orientador(es)

---

GUANIS DE BARROS VILELA JÚNIOR

### Apoio Financeiro

---

FAPIC/UNIMEP

## 1. Introdução

---

Brenzikofer (1993), considera a Biomecânica como o Estudo da Mecânica dos Seres Vivos (também chamada de Biomecânica Externa) e a diferenciação da Instrumentação para Biomecânica que desenvolve as ferramentas para o profissional atuar com eficiência. Para ele a Biomecânica se diferencia da Instrumentação para Biomecânica, uma vez que a primeira está mais relacionada com as disciplinas biológicas (anatomia, fisioterapia, ortopedia, educação física, etc) e a segunda está mais relacionada com as disciplinas de exatas (física, matemática, computação, estatística, robótica, engenharia, etc). Não obstante o autor ressalta que os profissionais de ambas as áreas, apesar de terem formações diferentes, devem ter conhecimentos básicos da outra especialidade. A pesquisa básica em biomecânica segundo Hay (1993), pretende obter informações fundamentais sobre a maneira como o corpo se move, independente deste conhecimento ter aplicação óbvia ou imediata na prática, ao passo que estudos nos quais a finalidade é responder uma questão de significância prática imediata em educação física ou no esporte, classificam-se na categoria de pesquisa aplicada. Estudos propostos para identificar as diferenças nas técnicas utilizadas por praticantes, peritos ou não; estudos a respeito das características de uma técnica particular ou de comparação de características de diferentes técnicas e estudos relativos à avaliação de aparelhos e equipamentos para o esporte são exemplo de pesquisa aplicada. Uma plataforma de força é um instrumento capaz de medir a força de contato (GRF Ground Reaction Force) que o solo exerce sobre o corpo humano, ou as forças durante um impacto qualquer, tais como um chute, um soco no boxe ou na impulsão para um salto, sendo capaz de oferecer dados importantes relativos à como esta força varia à medida que o indivíduo realiza os movimentos com os segmentos corporais. Segundo Okazaki (2005), a cinemática é a área da biomecânica que se preocupa com grandezas físicas que descrevem matematicamente as características do movimento tais como posição, velocidade e aceleração, sem se preocupar com as forças que as causaram. Desta forma, a descrição do movimento a partir de parâmetros espaciais e temporais tem sido descrita como análise cinemática. A análise cinemática é constituída por diversas etapas: determinação dos objetivos e variáveis da análise, construção de um modelo biomecânico que permita o acesso às variáveis de interesse e respondam aos objetivos da análise, procedimentos de filmagem da tarefa analisada, digitalização e rastreamento dos dados cinemáticos, tratamentos estatísticos aplicados à cinemática (filtros e normalização dos dados), até chegar à análise dos dados (HALL, 1991; HAY, 1979; VILELA JUNIOR, 2007).

## 2. Objetivos

---

Este estudo objetivou analisar as variáveis cinéticas, cinemáticas e os ângulos da articulação do joelho durante o salto, bem como

interpretar os valores da força de impulsão do solo e correlacioná-los com os dados antropométricos dos voluntários.

### 3. Desenvolvimento

---

Participaram do estudo 06 indivíduos do sexo masculino, com idades compreendidas entre 11 e 12 anos, saudáveis, alunos do programa de iniciação esportiva, inicialmente assinaram o termo de consentimento, depois foram previamente avaliados quanto às condições físicas, como peso, altura e IMC; e posteriormente foram submetidos ao teste, para isso foram afixados marcadores brancos feitos de fita adesiva branca nas articulações do tornozelo, joelho e quadril, dos indivíduos com o objetivo de facilitar o rastreamento das articulações durante o processo de captura de dados, entretanto foram avaliados os dados apenas da articulação do joelho. O teste consistia de 2 saltos consecutivos sobre uma plataforma de força em uma superfície estável, partindo da posição ortostática. A plataforma de força foi mantida conectada a um filtro do tipo Butterworth (6Hz), a câmera filmadora JVC modelo GR-DV4000U permaneceu a 470 cm perpendicular ao plano do calibrador e a 150 cm do solo ao centro óptico da lente, situada no local da aquisição dos dados. Foram avaliados os valores da força de reação do solo, exercida pela plataforma de força sobre o sujeito durante a impulsão para o salto, bem como a relação da angulação da articulação em função do tempo, a velocidade em função do tempo e a aceleração em função do tempo. A análise dos resultados obtidos, foi procedida com o auxílio do pacote estatístico ORIGIN, versão 8.0, e do pacote SPSS, versão 17.0, para enfim realizar a criação de gráficos e tabelas para interpretação dos resultados.

### 4. Resultado e Discussão

---

É possível afirmar diante desta pequena amostra, que os indivíduos adotam estratégias articulares distintas na interação com a plataforma durante o salto, isso acontece devido não somente as características próprias de cada indivíduo, como por exemplo, peso, altura e IMC, mas também devido a sobrecarga do aparelho locomotor durante a fase de apoio, pois ela reflete a somatória dos produtos da aceleração da massa de todos os segmentos do corpo (WINTER, 1991). Por esse motivo, foi utilizada a plataforma de força pois ela fornece a força de reação do solo na superfície de contato durante a fase de apoio do movimento, onde ocorre a transferência destas forças externas para o corpo determinando alterações nas condições do movimento. Surge então a necessidade de um treinamento adequado, para que essa força de reação do solo não sobrecarregue as articulações, os tecidos ósseos e musculares de forma geral. Então a partir dos dados coletados foram gerados gráficos de Posição em função do tempo; aceleração em função do tempo e velocidade em função do tempo. Cada gráfico de posição em função do tempo mostra as flexões, quando ângulo diminui, e extensões, quando ângulo aumenta, que cada sujeito realizou durante o salto. Foi possível observar entre os voluntários que normalmente os ângulos aumentam no segundo salto, podemos inferir que isso acontece devido a Lei da Gravitação Universal que diz: Dois corpos atraem-se exercendo, um sobre o outro, uma força que é diretamente proporcional ao quadrado da distância que os separa, e também devido a uma melhor resposta do sistema músculo-esquelético. É importante salientar que ao encontrar a área da parábola representada no gráfico chegamos ao valor da Velocidade. Já os gráficos de velocidade indicam o quão rápido foi o movimento, se a Velocidade for positiva indica um movimento no sentido positivo, isto é, o salto propriamente dito, desde o momento em que o sujeito tira o pé do chão e sobe contra a força da gravidade até a velocidade zerar e posteriormente apresentar valores negativos, é quando o movimento se inverte e o indivíduo retorna em direção a plataforma. Os gráficos nos mostram que na maioria dos casos a velocidade é menor na subida em relação a descida, pois na subida apesar da força de impulsão do solo, a massa do voluntário vai contra a força de gravidade, já na descida a massa corporal do indivíduo é somada a força de gravidade, justificando assim os valores encontrados. Vale ressaltar que a área encontrada no neste tipo de gráfico gera o valor da aceleração. Por fim, os gráficos de aceleração revelam a variação da velocidade num dado intervalo de tempo, representado sempre por uma parábola, que quando está com sua concavidade virada para baixo representa uma aceleração negativa, associada ao sentido do movimento neste caso a curva da descida; quando o lado côncavo está virado para cima, a aceleração é positiva e o movimento é a subida. Foi possível observar ainda que indivíduos de maior massa adquirem menor aceleração, isto é, a sua variação de velocidade é menor, assim a massa mede a resistência de um corpo à mudança de velocidade, pois a característica de resistência à mudança de velocidade, ou tendência para manter a mesma velocidade é chamada inércia, isso pode ser comprovado pela Segunda Lei de Newton, também conhecida como princípio fundamental da dinâmica, definida como: A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção de linha reta na qual aquela força é imprimida. Comparando os gráficos de posição angular observou-se que o aluno 5 foi o que apresentou maiores picos de flexão e extensão, porém a variação entre esses picos não foi expressiva. Já o aluno 6 apresentou os menores picos de angulação, entretanto a variação entre eles foi a maior dentre os alunos testados. Observou-se também que o aluno 4 foi o voluntário com menor variação entre todos, mesmo não possuindo o menores picos angulares. Contudo, não é possível encontrar uma correlação entre os picos de flexo-extensão com os outros dados apresentados, haja visto, que não avaliamos o tempo de treinamento de cada sujeito, podemos hipotetizar que as diferentes amplitudes da articulação pode depender do nível de técnica que o indivíduo possui, bem como o quanto ele treina. Outro importante critério a ser avaliado é a força de impulsão vertical que a solo gera no indivíduo, que por sua vez está intimamente ligada a altura do salto, essa comparação é mostrada através da tabela 1 e 2, que correlaciona os valores de impulsão vertical com a altura de salto obtida e o IMC do aluno. Se compararmos apenas a força de reação do solo com a altura máxima de salto obtida por cada aluno, será difícil encontrar uma correlação, entretanto quando esses dados são correlacionados com o IMC de cada aluno compreendemos melhor como essa força age

no movimento. É possível verificar que o aluno com IMC mais alto (aluno 3) é o que possui maior força de impulsão vertical, isso se deve devido a soma das forças de massa e gravidade no momento de descida do salto e então quando o sujeito toca a plataforma, essa por sua vez gera uma força de reação, denominada força de impulsão vertical que está relacionada com a magnitude da massa, respeitando a lei de Newton acima explicada, porém quando o indivíduo começa a subir, mesmo com a maior força de impulsão o mesmo atinge a menor altura de salto, pois sua massa está contra a força da gravidade, justificando assim porque o aluno de menor IMC (aluno 4), atinge a maior altura, apesar da força de reação do solo ser a menor entre os participantes. A tabela 2 mostra a correlação de Spearman, a qual mede a proporção de variação de uma variável que é explicada pela variação da outra, entretanto não nos revela a direção dessa variação. Este tipo de correlação é usado para dados não paramétricos, com amostra (N) menor que 30. Analisando a tabela 2 foi possível encontrar uma correlação muito forte entre variáveis  $V1xV1$ ;  $V2xV2$ ;  $V3xV3$  e  $V2xV3$ . Porém foi possível observar também uma correlação forte entre as variáveis  $V1xV3$  e por fim uma correlação moderada entre  $V1xV2$ . Não foi encontrada nenhuma correlação fraca ou muito fraca, isto é, com valores abaixo de 0,5. Vale ressaltar que quanto menor a significância, mais forte é a correlação, ou seja, se  $p > 0$  o aumento de uma variável é diretamente proporcional a outra variável, porém quando  $p$

## 5. Considerações Finais

---

Conclui-se, que existem padrões físicos e forças físicas que agem no corpo durante o salto vertical, como por exemplo, força gravitacional, força de impulsão do solo, bem como energia potencial elástica; entretanto a forma como o movimento acontece, ou seja, os diferentes tipos de alavancas adotadas pelos alunos, como amplitude articular, o uso de outras articulações para criar alavancas biomecânicas, como se inicia o movimento a postura utilizada, a musculatura em ação é única de cada voluntário, inviabilizando a determinação de um padrão adequado para o salto. Dessa forma podemos inferir que o tempo de prática de atividade física, interfere na forma como o indivíduo salta, pois somente conhecendo o próprio corpo e exercitando a musculatura como um todo, é que o sujeito obterá melhor performance. Enfim o objetivo desse estudo foi analisar como a cinética e a cinemática interfere no salto, entretanto não comparamos esses dados com o tempo de atividade esportiva praticada pelo indivíduo, surgindo assim à necessidade de novos estudos que correlacionem esses dados, para melhores respostas e resultados mais concretos.

## Referências Bibliográficas

---

BRENZIKOFER, R. O formalismo de Lagrange, um exemplo de aplicação. In Anais IV congresso nacional de biomecânica, USP-São Paulo, p. 8-17, 1992. FINNEY, D.J. Statistics for biologists. In London: Chapman and Hall, 1980. HALL, S. Biomecânica Básica. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 1991. HAY, J.G. The Biomechanics of Sports Techniques. In Prentice-Hall: Englewood Cliffs, 1979 / 1993. OKAZAKI, V., RODACKI, A.L., OKAZAKI, F. Comparação entre o tracking automático e manual no processo de digitalização dos dados na cinemática. In Revista Digital Efdeportes, n. 90, 2005. VILELA JUNIOR, G. B.; SILVA, G. A.; SILVA, W. A. Análise cinemática comparativa do salto estendido para trás. In: Heleise F.R. Oliveira. (Org.). Qualidade de vida, esporte e sociedade 3. 1 ed. Ponta Grossa: UEPG, v. 3, p. 123-125, 2007. WINTER, D. A. The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological. Ontario: University of Waterloo Press, 1991.

## Anexos

---

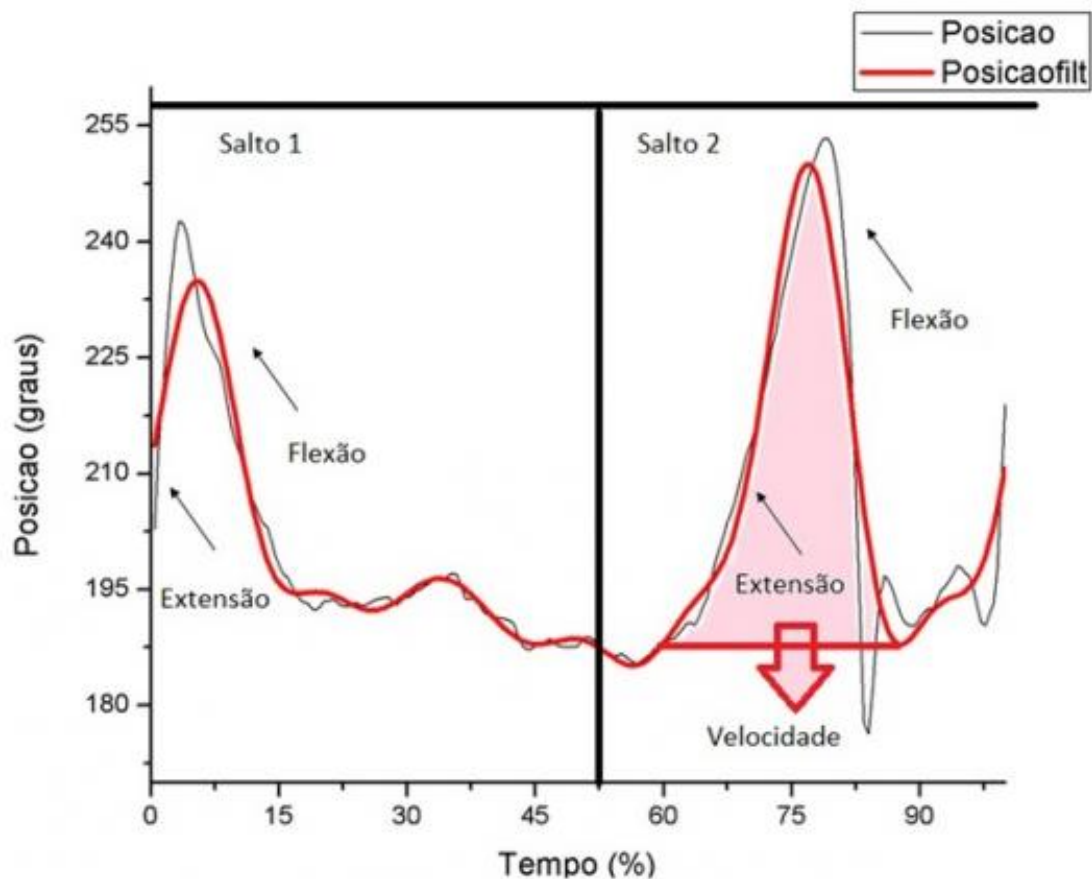


GRÁFICO 1 - POSIÇÃO ANGULAR EM FUNÇÃO DO TEMPO PARA O ALUNO 1

Tabela 2 - Correlação de Spearman		V1= F Média Impulsão	V2= Altura do Salto	V3= IMC
V1= F Média Impulsão	Coeficiente de correlação	1,000	-,657	,829*
	Significância		,156	,042
	N	6	6	6
V2=Altura do Salto	Coeficiente de correlação	-,657	1,000	-,943**
	Significância	,156		,005
	N	6	6	6
V3= IMC	Coeficiente de correlação	,829*	-,943**	1,000
	Significância	,042	,005	
	N	6	6	6

\* Correlação é significativa ao nível 0,05

\*\* Correlação é significativa ao nível 0,01

**Tabela 1 - Dados do Movimento**

<b>Aluno</b>	<b>Força Média Impulsão Vertical</b>	<b>Altura do salto</b>	<b>IMC</b>
1	55,30	0,35	17,20
2	54,87	0,17	19,74
3	78,00	0,13	26,17
4	45,66	0,36	17,07
5	70,91	0,22	23,22
6	60,25	0,33	18,36