

## ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE PESQUISA EM BIOMECÂNICA NO BRASIL

BARROS, Ricardo Machado Leite de<sup>1</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar a pesquisa em Biomecânica no Brasil, considerando o processo de consolidação da área no país, os trabalhos publicados nos Anais dos Congressos Brasileiros de Biomecânica e alguns desafios para o futuro. A classificação de áreas de interesse feita pela Sociedade Internacional de Biomecânica foi adaptada e os trabalhos publicados nos Anais dos CBBs classificados de acordo com essas categorias. Os seguintes resultados foram obtidos: Metodologia Biomecânica (36%), Biomecânica do Movimento Humano (20%), Biomecânica dos Esportes (12%), Biomecânica Músculo-Esquelética (11%), Biomecânica dos Tecidos e Biomateriais (7%), Biomecânica e Reabilitação (7%), Biomecânica Ocupacional (4%), Biomecânica Córdio-Respiratória (2%), Biomecânica Ambiental (1%). Considerando-se os resultados, as tendências de aumento do número total de trabalhos e a redução relativa do número de trabalhos em metodologia biomecânica entre outras foram interpretadas. Três desafios para o futuro foram selecionados para análise; a complexidade do problema biomecânico, a integração das ações dos pesquisadores para enfrentá-la e a relação com sistemas e equipamentos fechados, as chamadas caixas-pretas.

**Unitermos:** Biomecânica, Pesquisa, Congresso Brasileiro de Biomecânica.

---

---

## ANALYSIS OF THE RESEARCH PRODUCTION IN BIOMECHANICS I THE BRASIL

### ABSTRACT

The aim of this paper is to analyse the research in Biomechanics in Brazil, considering the process of consolidation of this area in the country, the researches published in the Proceedings of the Brazilian Congresses of Biomechanics (CBBs) and some challenges for the future. In this paper, the most important aspects to characterise the Brazilian Congresses of Biomechanics are presented. The research groups in Biomechanics in Brazil and the foundation of the Brazilian Society of Biomechanics are also discussed. The classification of areas of interest done by the International Society of Biomechanics was adapted and the papers published in the Proceedings of CBBs classified according to those categories. The following results were obtained: Biomechanical Methodology (36%), Biomechanics of Human Movement (20%), Sports Biomechanics (12%), Muscle-skeletal Biomechanics (11%), Biomechanics of Tissue and Biomaterials (7%), Biomechanics and Rehabilitation (7%), Occupational Biomechanics (4%), Cardio-respiratory Biomechanics (2%), Environmental Biomechanics (1%). Considering the results, the tendencies of increasing in the total number of papers and the relative reduction of the number of papers in biomechanical methodology were explained. Three challenges for the future were selected for analysis; the complexity of the biomechanical problem, the integration of the researchers' actions and the relationship with closed systems and equipments, the called black box.

**Uniterms:** Biomechanics, research, brazilian congress of biomechanics.

---

### INTRODUÇÃO

A Biomecânica brasileira realizou em maio de 1999 o seu oitavo congresso nacional, na cidade de Florianópolis, onde comemorou dez anos de realização ininterrupta de seus congressos. O processo vivenciado pelos grupos de pesquisa e a produção originada na área parecem-nos objetos de interesse para análise e reflexão, considerando os avanços obtidos e os desafios que ainda se apresentam.

Realizamos esta análise também por entender que a comunidade científica da Biomecânica nacional já acumulou experiências que permitem reconhecer características e tendências próprias de produção. O objetivo deste trabalho é, portanto, analisar a incidência de pesquisas realizadas recentemente em Biomecânica

no Brasil, procurando identificar tendências e discutir desafios para o futuro.

Devemos destacar que a perspectiva aqui apresentada é individual sobre um processo construído coletivamente, a consolidação da Biomecânica no Brasil, sendo inevitável uma visão particularizada do processo.

### **A Pesquisa em Biomecânica no Brasil**

**Os Congressos Brasileiros de Biomecânica:** Nos últimos 10 anos, estabeleceu-se a tradição e o compromisso de realização, a cada dois anos, do Congresso Brasileiro de Biomecânica. Esses eventos foram, no nosso entender, um elemento essencial para a afirmação da comunidade científica da Biomecânica no Brasil. Cada um desses eventos, com pequenas diferenças de um para outro, reuniu as pessoas que pesquisavam o assunto no país, dando-lhes condições para debater idéias em um ambiente academicamente sério e particularmente agradável.

Nos congressos, procurou-se sempre dar destaque às apresentações de trabalhos como temas livres e painéis, reservando a essas formas de apresentação grande parte da programação. A valorização do autor de trabalho e a menor ênfase aos palestrantes convidados, nacionais ou internacionais, estimularam a produção local e o debate acadêmico acerca dessa produção.

Devemos destacar dentre os inúmeros acertos dos congressos, a importância dada a elaboração dos Anais e a publicação de trabalhos na íntegra, após serem submetidos a uma criteriosa avaliação por uma comissão científica. As comissões científicas procuraram além de aprovar ou recusar trabalhos, indicar o padrão desejado para publicação na área. O adoção de um formato gráfico similar para os Anais nos diversos congressos, apesar dos constantes aperfeiçoamentos, favorece aos autores a redação e aos leitores a compreensão dos trabalhos publicados.

Os Anais dos CBBs tornaram-se hoje a principal publicação em Biomecânica no Brasil, sendo utilizados como fonte bibliográfica tanto para a pesquisa como para o ensino na pós-graduação e, muitas vezes também, nos cursos de graduação. Embora com uma distribuição artesanal, podemos encontrar exemplares nos principais centros de pesquisa da especialidade no país.

**Consolidação dos grupos de pesquisa:** Paralelamente ao aperfeiçoamento dos CBBs, e certamente estimulados e fortalecidos por este processo, estruturaram-se os grupos de pesquisa em Biomecânica em diversas regiões do Brasil. Agregando pesquisadores com formações diversas, como é típico de áreas interdisciplinares, esses grupos foram conquistando respeitabilidade dentro e fora de suas instituições de ensino e pesquisa.

Muitos desses grupos estabeleceram contatos internacionais com

instituições de pesquisa, por meio de visitas de curta e longa duração, realização de programas de doutoramento cooperativo, projetos conjuntos de pesquisa entre outras formas de cooperação.

Coube também aos grupos de pesquisa a organização e institucionalização do ensino de pós-graduação em suas unidades de ensino, possibilitando a formação de pesquisadores, mestres e doutores, em Biomecânica no país.

**Criação da Sociedade Brasileira de Biomecânica:** Em 1992, fundou-se a Sociedade Brasileira de Biomecânica a partir da constatação que o conjunto de ações e pessoas reunidas em torno do assunto até aquela data e as perspectivas de crescimento da área pediam e justificavam a institucionalização daquela comunidade científica. Como medida de consolidação de esforços, a criação da SBB contribuiu seguramente para que o reconhecimento da Biomecânica brasileira fosse facilitada também frente a agências de fomento e financiamento, organismos governamentais e comunidade científica internacional.

**Reconhecimento social da relevância da Biomecânica:** Uma das etapas mais difíceis e importantes para consolidação de uma área de investigação acadêmica é o reconhecimento de sua relevância social. No momento em que resultados de pesquisas tornam-se produtos, instrumentos, conhecimentos e informações que alteram e beneficiam a sociedade, fica evidenciada a sua relevância. Embora saibamos que as iniciativas existentes na Biomecânica nacional neste sentido ainda não são muitas, é crescente a busca por elas.

O estabelecimento de parcerias com segmentos da sociedade, como a indústria, o poder público, instituições assistenciais, federações esportivas entre outras vem possibilitando o estreitamento das relações entre a Biomecânica e a comunidade.

#### **A Produção em Biomecânica no Brasil**

**Os números da produção nacional em Biomecânica:** Para que pudéssemos trazer alguns elementos objetivos a nossa análise, verificamos a incidência de trabalhos classificáveis como pertencentes a diferentes áreas de concentração na investigação da Biomecânica, nos anais dos últimos congressos de Biomecânica no país.

Nos congressos recentes da Sociedade Internacional de Biomecânica (ISB) e nos congressos nacionais algumas classificações das áreas de concentração da especialidade tem sido adotadas. Considerando que estas classificações não são perfeitamente concordantes e para melhor entender alguns dos aspectos da produção

nacional, fizemos algumas adaptações e classificamos os trabalhos segundo as categorias abaixo descritas: Entre parênteses encontram-se as siglas que são referenciadas no texto.

- **Metodologia Biomecânica (MT):** Nesta área de concentração reúnem-se trabalhos que tem como finalidade o desenvolvimento de métodos e instrumentação, medição e processamento de dados, modelagem e simulação computacional e otimização.

- **Biomecânica do Movimento Humano (MH):** Em que a finalidade principal é a caracterização do movimento humano, considerando seu desenvolvimento e diferentes manifestações.

- **Biomecânica dos Esportes (ES):** Onde a finalidade principal é a aplicação da Biomecânica em contexto esportivo.

- **Biomecânica Músculo-Esquelética (ME):** Em que os estudos concentram-se nos processos de controle neuro-muscular da postura e do movimento, mecânica muscular e energética, Biomecânica das articulações e da coluna vertebral e análise eletromiográfica em geral.

- **Biomecânica dos Tecidos e Biomateriais (TB):** Em que o foco principal é o desenvolvimento e caracterização de tecidos, biomateriais, próteses, órteses e fixações externas.

- **Biomecânica e Reabilitação (RE):** Em que o foco principal é a Biomecânica aplicada aos processos de recuperação ou reabilitação de funções do aparelho locomotor, avaliação da função muscular e reabilitação e Biomecânica clínico-ortopédica.

- **Biomecânica Ocupacional (OC):** Nesta área de concentração reúnem-se os trabalhos de Biomecânica aplicada às situações do trabalho e da ergonomia.

- **Biomecânica Córdio-Respiratória (CR):** Biomecânica cardíaca e vascular e Biomecânica respiratória.

- **Biomecânica Ambiental (AB):** Esta área integra as pesquisas sobre impactos e vibrações do corpo humano, Biomecânica de micro e hipergravidade e locomoção terrestre, aérea e aquática.

O número total de trabalhos considera todos os trabalhos publicados nos anais dos congressos após avaliação da comissão científica como temas livres, painéis ou comunicações, excluindo-se assim aqueles relativos a conferências nacionais e internacionais e mesas de debate.

Os anais examinados são relativos ao IV CNB realizado em São Paulo (Amadio, 1992), V CBB realizado em Santa Maria (Ávila & Mota, 1993), VI CBB realizado em Brasília (Klavidianos & Fonseca, 1995), VII CBB realizado em Campinas (Barros & Brenzikofer, 1997) e VIII CBB de Florianópolis (Kraeski *et*

aZ., 1998). Os trabalhos publicados nos três primeiros encontros de Biomecânica não foram analisados por terem sido publicados apenas resumos das pesquisas. Os resultados são apresentados na tabela 1.

**Tabela 1** - Número de trabalhos publicados nos Anais dos Congressos Brasileiros de Biomecânica sobre Metodologia Biomecânica (MT), Movimento Humano (MH), Esportes (ES), Músculo-esquelética (ME), Tecidos e Biomateriais (TB), Reabilitação (RE), Ocupacional (OC), Córdio-Respiratória (CR) e Ambiental (AB).

	MT	MH	ES	ME	TB	RE	OC	CR	AB	Total
IV CBB	22 (42%)	10 (19%)	10 (19%)	3 (6%)	2 (4%)	4 (8%)	1 (2%)	1 (2%)	0 (0%)	53 (15%)
V CBB	23 (39%)	8 (14%)	10 (17%)	7 (12%)	2 (3%)	3 (5%)	4 (7%)	2 (3%)	0 (0%)	59 (16%)
VI CBB	25 (38%)	10 (15%)	7 (11%)	10 (15%)	6 (9%)	5 (10%)	0 (0%)	2 (3%)	1 (2%)	66 (18%)
VII CBB	27 (33%)	23 (28%)	6 (7%)	7 (9%)	9 (11%)	4 (5%)	3 (4%)	0 (0%)	2 (3%)	81 (23%)
VIII CBB	32 (31%)	23 (23%)	10 (10%)	11 (11%)	7 (6%)	8 (8%)	5 (5%)	3 (3%)	2 (2%)	101 (28%)
Total	129 (36%)	74 (20%)	43 (12%)	38 (11%)	26 (7%)	24 (7%)	13 (4%)	8 (2%)	5 (1%)	360 (100%)

**As principais tendências:** A primeira tendência que fica evidenciada observando-se os dados da tabela 1 é o aumento do número total de trabalhos publicados no período entre o IV e o VIII CBBs. Esta informação reforça a argumentação que houve um processo de consolidação e ampliação da Biomecânica como área de investigação no país.

Com respeito a sub-área de interesse, Metodologia Biomecânica, vamos verificar que ela sempre foi de grande interesse para os pesquisadores da Biomecânica nacional. Isto pode ser confirmado observando-se que ela representou sempre mais de 30 % de toda produção na área. Em 1992, no IV CBB em São Paulo ela representava 42 % dos trabalhos.

Uma segunda tendência verificável foi a de que embora o número absoluto de trabalhos em Metodologia Biomecânica tenha também aumentado no período considerado, o percentual em relação ao total de trabalhos diminuiu constantemente entre 1992 e 1997. Este dado é de difícil interpretação mas permite algumas considerações.

Parece-nos excessivo o percentual de 42 % de todos os trabalhos publicados dedicados ao desenvolvimento metodológico em uma área de investigação aplicada como a Biomecânica. Este percentual deve provavelmente incorporar, além da parcela de interesse esperada no assunto, uma componente associada ao processo

de formação dos grupos de pesquisa no país.

Considerando-se as fases iniciais de formação dos grupos, e portanto a escassez de recursos financeiros e materiais para a pesquisa, o elevado interesse verificado pode ter sido influenciado pela necessidade de desenvolvimento metodológico visando o consumo próprio e consequentemente a substituição de equipamentos não disponíveis.

Outro fator a que se pode creditar o interesse eventual em desenvolver uma pesquisa de caráter metodológico é a busca da melhor compreensão ou familiarização do pesquisador ou do grupo de pesquisa com uma metodologia nova de investigação ou instrumento. Nesta situação podem ser classificados os trabalhos em que um equipamento ou método é testado visando conhecer suas características de acurácia e precisão, por exemplo.

Não é possível inferir dos dados disponíveis em que patamar a participação da produção em Metodologia Biomecânica irá estabilizar-se, nem mesmo se isso ocorrerá. Contudo, uma terceira tendência que parece evidente da análise dos trabalhos é a de que uma parcela importante desta produção é originada em grupos de pesquisa e pesquisadores que têm a Metodologia Biomecânica como linha principal de pesquisa.

Uma quarta tendência verificável é que a segunda área de concentração com maior número de trabalhos, Movimento Humano, registra um crescimento principalmente nos últimos dois congressos. Deve-se ressaltar que as duas áreas com maior número de trabalhos, metodologia e movimento humano, caracterizam-se por serem mais “básicas” do que “aplicadas”, admitindo-se que podemos usar esta classificação. Juntas as duas áreas somam 56% de toda a produção.

O grande interesse em Biomecânica do Esporte, que internacionalmente já respondeu por grande parte da produção internacional na área, parece não ter sido igualmente refletido no Brasil, apresentando mesmo uma tendência relativa de queda nos últimos congressos.

### **Desafios para a Pesquisa em Biomecânica no Brasil**

Estabelecido o interesse real pela área no país, podemos então debater os desafios que se colocam para a pesquisa em Biomecânica no Brasil. O primeiro desafio está certamente associado à complexidade do problema investigado.

**O primeiro desafio - a complexidade do problema:** Quando consideramos problemas aplicados em Biomecânica em contextos de reabilitação, esportes, ergonomia, controle motor ou outro qualquer, percebemos que os modelos de análise que utilizamos são fortemente simplificados.

Não está ao nosso alcance, por exemplo, conhecer em detalhes a geometria

do nosso problema, especialmente quando modelos estatísticos não são suficientes e necessitamos considerar as características individuais dos sujeitos. Isto é, não temos acesso a geometria da estrutura anatômica individualizada dos sujeitos investigados, com posições de origem e inserção da musculatura, direção de fibras musculares, forma de cada elemento que participa do modelo etc.

Da mesma maneira, não conhecemos de maneira precisa, e nas condições em que se dá o esforço, as propriedades mecânicas dos elementos envolvidos nas ações, como músculos, ossos, tendões, elementos articulares e outros. Um exemplo disso é a grande dificuldade na determinação de propriedades elásticas ou visco-elásticas dos materiais biológicos atuantes em uma ação, ou mesmo a imprecisão associada a obtenção de parâmetros como massas e momentos de inércia segmentares, para diferentes populações ou para um dado sujeito.

Nas situações em que não podemos construir um ambiente laboratorial bastante controlado, como em análises de competições esportivas ou situações da vida diária, as condições de contorno são precariamente acessíveis, obrigando o pesquisador a colocar mais restrições sobre seu modelo de análise.

Sabemos que mesmo no que diz respeito a obtenção de dados cinemáticos, em que é necessária a determinação da posição instantânea dos centros de rotação articulares e a orientação dos segmentos corporais, os resultados são, para muitas aplicações, insatisfatórios. Um bom exemplo disso são os problemas advindos dos artefatos gerados pelos movimentos relativos de partes moles e rígidas.

Finalmente, é bem conhecida a dificuldade na determinação de forças e sobrecargas internas ao aparelho locomotor, seja pelas restrições à utilização aos métodos de medição direta, ou pela redundância dos sistemas biológicos que dificulta ao extremo a utilização de métodos indiretos.

Certamente todas essas limitações associam-se e transformam-se no principal desafio metodológico a ser superado pela comunidade internacional e nacional da Biomecânica. Contudo outras questões também devem ser consideradas.

**O segundo desafio - a integração de ações:** Não há qualquer dúvida que a tarefa que está colocada para os pesquisadores da Biomecânica exige condições ótimas para formulação e solução. Seguindo uma tendência da pesquisa moderna, a comunidade internacional da Biomecânica tem se utilizado de iniciativas de ação integrada.

Obviamente ainda estimula-se a participação em congressos, publicação em revistas especializadas, troca de pesquisadores, entre outras formas tradicionais de estímulo a produção científica. Entretanto, a partir das facilidades da comunicação eletrônica, é possível uma nova maneira de cooperar, que não é apenas mais rápida mas que é uma nova forma de ação integrada. Um exemplo desta forma de cooperação, é que torna-se cada vez mais freqüente que laboratórios ou grupos de pesquisa

disponibilizem para quem tiver interesse seus projetos, dados experimentais, modelos teóricos de análise, resultados, produtos de pesquisa como softwares para uso público, rotinas de cálculos, além de material didático para ensino.

Uma outra maneira de interação tem sido os projetos temáticos à distância, em que diferentes grupos trabalham integradamente com um mesmo objetivo. O pressuposto dessa nova maneira de interação acadêmica é que os recursos humanos e materiais não precisam mais estar concentrados em laboratórios gigantescos, com imensa inércia a mudanças e replicando competências e recursos, mas podem estar diluídos e coordenados em equipes ágeis e com foco de pesquisa bem definido.

A comunidade da Biomecânica brasileira pode, além de participar desse esforço internacional, criar iniciativas de cooperação interna nesta direção, aproveitando as condições favoráveis de comunicação já existente entre seus pesquisadores.

**O terceiro desafio - a relação com as caixas pretas:** Suponhamos que trabalhássemos em um laboratório de Biomecânica sem qualquer restrição financeira, onde pudéssemos escolher dentre os sistemas e equipamentos disponíveis comercialmente no mercado o mais conveniente para nossas pesquisas. Nossos problemas metodológicos estariam solucionados ?

Certamente que a resposta a pergunta é negativa. Sabemos que a metodologia da pesquisa vai muito além dos sistemas, equipamentos, protocolos ou técnicas disponíveis. Cabe ao pesquisador tanto o conhecimento abrangente sobre a estrutura lógica da pesquisa que conduz, como o conhecimento detalhado de cada uma das etapas de sua investigação.

Devemos lembrar que encontramos sistemas e equipamentos disponíveis comercialmente que omitem processos ou informações, como filtragens ou métodos de cálculo, que alienam o poder de decisão, escolha e interpretação do pesquisador. Por outro lado, enquanto pesquisadores, podemos nos sentir tentados a não nos obrigar a conhecer e dominar detalhadamente processos ou etapas de nossas pesquisas que são realizados “automaticamente” pelos equipamentos, ou que já foram padronizados por outros pesquisadores.

Diante disso, consideramos que um desafio que se coloca aos pesquisadores da biomecânica nacional é a correta compreensão e convívio com sistemas acabados, conhecidos também como “caixas pretas”.

Aos pesquisadores que atuam diretamente em Metodologia Biomecânica este desafio apresenta-se, a nosso ver, da seguinte maneira: a) Os resultados de nossas pesquisas devem estar suficientemente explicitados ao pesquisador-usuário, para que o mesmo possa tomar as decisões cabíveis e b) os resultados de nossas pesquisas devem atingir um grau de consistência e acabamento que permita ao pesquisador-usuário confiar na automatização por eles pretendida.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entendemos que a caracterização de uma área de conhecimento, e mesmo a definição de uma ciência, não se faz *a priori*, isto é, não se trata de um processo em que partimos das definições abstratas de cada área ou ciência e somente depois então, o conhecimento passa a ser construído balizado pelas definições estabelecidas. O delineamento da especificidade de uma área científico-acadêmica é consequência do processo e do produto efetivamente obtidos na construção do conhecimento, portanto feita *a posteriori*.

As iniciativas da comunidade científica, desordenadas a princípio, partem de um núcleo de interesse e “empurram” as fronteiras de uma área de conhecimentos, demarcando assim limites dinamicamente variáveis. Da mesma maneira, as relações e práticas interdisciplinares de linhas de pesquisa originadas em diferentes áreas de conhecimento consolidam-se a partir das experiências comuns concretamente realizadas. Assim sendo, reconhecemos no processo vivido pela Biomecânica nacional os elementos que caracterizam e definem uma área de conhecimento que consolida-se paulatina e seguramente, podendo justificar cada vez mais a expectativa que a comunidade acadêmica e a sociedade como um todo depositam sobre ela.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADIO, A. C., **Anais do IV Congresso Brasileiro de Biomecânica**, São Paulo, 1992, p. 332.

AVILA, A. O. V., MOTA, C. B., **Anais do V Congresso Brasileiro de Biomecânica**, Santa Maria (RS), 1993, p. 309.

BARROS, R. M. L., BREZIKOFER, R., **Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica**, Campinas, 1997, p. 496.

KLAVDIANOS, A., C. D., FONSECA, J. C. P., **Anais do VI Congresso Brasileiro de Biomecânica**, Brasília, 1995, p.395.

KRAESKI, M. H., MORO, A., R. P., MELO, S. I. L., AVILA, A., O.,V., **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica**, Florianópolis, 1998, 683p.