

# **BIOTECNOLOGIA APLICADA À AGRO&INDÚSTRIA**

**Blucher**



MATERIAL DE APOIO  
[www.blucher.com.br](http://www.blucher.com.br)

**BIOTECNOLOGIA APLICADA À AGRO&INDÚSTRIA**  
FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES  
VOLUME 4

RODRIGO RIBEIRO RESENDE

ORGANIZADOR

CARLOS RICARDO SOCCOL

LUIZ RENATO DE FRANÇA

COLABORADORES

*Biotecnologia aplicada à agro&indústria: fundamentos e aplicações – vol. 4*  
(coleção Biotecnologia Aplicada à Saúde, vol. 4)

© 2016 Rodrigo Ribeiro Resende (organizador)  
Editora Edgard Blücher Ltda.

---

## Blucher

Rua Pedrosa Alvarenga, 1245, 4º andar  
04531-934, São Paulo – SP – Brasil  
Tel.: 55 11 3078-5366  
[contato@blucher.com.br](mailto:contato@blucher.com.br)  
[www.blucher.com.br](http://www.blucher.com.br)

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 5ª ed.  
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,  
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer  
meios, sem autorização escrita da editora.

---

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Angélica Ilacqua CRB-8/7057

---

Biotechnology applied to agro&industry : fundamentals and applications  
- volume 4 [livro eletrônico] / organizado por Rodrigo Ribeiro  
Resende ; colaboração de Carlos Ricardo Soccol e Luiz Renato de  
França. – São Paulo : Blucher, 2016.  
1069 p. : il. ; PDF.

Bibliografia  
ISBN 978-85-212-1115-0 (e-book)  
ISBN 978-85-212-1114-3 (impresso)

1. Biotecnologia. 2. Agroindústria. 3. Fármacos e Medicamentos.  
4. RNA. I. Resende, Rodrigo Ribeiro. II. Soccol, Carlos Ricardo.

---

16-1093

CDD 620.8

---

Índices para catálogo sistemático:  
1. Biotecnologia

## **AGRADECIMENTOS**

Esta obra não poderia ter sido iniciada sem a dedicação de cada um dos que participaram de sua elaboração, desde os professores, alunos, editores, revisores, diagramadores, financiadores, amigos, esposa, irmão, pais, leitores até o desejo de tornar o conhecimento acessível para todos. Obrigado!

*Prof. Rodrigo R. Resende*

## **APOIO**



Agradecemos pelo apoio financeiro aos projetos científicos da Fapemig, CNPq, Capes, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono, Rede Mineira de Toxinas com Ação Terapêutica e Instituto Nanocell.



## **CARTA AO LEITOR**

A corrupção é o verdadeiro genocídio de uma sociedade, e o único meio de combatê-la é o conhecimento. O conhecimento, adquirido pelo povo por meio da educação, transformado, multiplicado e compartilhado, constrói uma verdadeira nação. Nação esta cujos cidadãos honram, reconhecem e proclamam sua pátria e seu povo, para todos, em todo lugar, para todo o sempre.

Podemos ser pressionados de todos os lados, mas não desanimados; podemos ficar perplexos, mas não desesperados; somos perseguidos, mas não abandonados; abatidos, mas não destruídos.

Embora exteriormente estejamos nos desgastando, interiormente somos renovados dia após dia, pois nossos sofrimentos leves e momentâneos produzem para nós uma glória eterna que pesa mais do que todos eles. Assim, fixamos os olhos não naquilo que se vê, mas na glória eterna que se há de ter.

Mesmo que esta carta tenha lhe causado tristeza ou estranheza, não me arrependo. É possível que o tenha entristecido, ainda que por pouco tempo. Agora, porém, me alegro, não porque você foi entristecido, mas porque a tristeza o levou ao arrependimento.

A tristeza segundo o amor produz um arrependimento que leva à salvação e não ao remorso, mas a tristeza segundo a mentira produz morte. A tristeza segundo o perdão produz dedicação, desculpas, indignação, temor, saudade, preocupação, desejo de ver a justiça feita! Assim, se lhe escrevi, não foi por causa daquele que cometeu o erro nem daquele que foi prejudicado, mas para que diante do Supremo você pudesse ver por si próprio como é a formação da natureza humana.

*Prof. Rodrigo R. Resende*

Presidente da Sociedade Brasileira de Sinalização Celular  
Presidente Fundador do Instituto Nanocell



## CONTEÚDO

<i>Prefácio – Maurício Antônio Lopes (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa)</i>	11
<b>Novos fármacos – Quimiometria e modelagem molecular</b>	
1. Metabolômica e quimiometria como ferramentas para análises quimio(bio) diversas	17
2. Identificação de substâncias puras ou em formulações através de análise espectral e quimiometria	51
3. Simulação computacional de reações enzimáticas e suas aplicações em biotecnologia	103
4. Processos de bioconversão aplicados à obtenção de fármacos e intermediários	137
<b>Síntese de peptídeos</b>	
5. Reações de clivagem ácida de aminoácidos e peptídeos ligados a polímeros: relevância para a metodologia de síntese de peptídeo	175
6. Produção de peptídeos: aprimoramento da síntese em polímeros através do uso da ressonância paramagnética eletrônica (RPE)	197
<b>Produção de bioaditivos</b>	
7. Bioprocessos na produção de aditivos alimentares	249
8. Materiais lignocelulósicos como matéria-prima para a obtenção de biomoléculas de valor comercial	283
9. Cogumelos: uma fonte promissora de compostos ativos para o desenvolvimento de produtos farmacêuticos e nutracêuticos	315
10. Da planta ao medicamento: caso de estudo das proteinases de Caricaceae com atividade farmacológica	361
<b>Caracterização de proteínas e aplicações na indústria</b>	
11. Peptidases em biotecnologia: produção, aplicações e mercado	381
12. RMN no domínio do tempo: fundamentos e aplicações <i>offline</i> e <i>inline</i>	439
13. Produção de biolubrificantes catalisada por lipases: fundamentos e aplicações	471
14. Produção, propriedades e aplicações da quitosana na agricultura e em alimentos	503
15. Imobilização enzimática: princípios fundamentais e tipos de suporte	529
16. Produção de enzimas oxidativas em substratos lignocelulósicos e aplicação na deslignificação de polpas celulósicas	569

**Genética para melhoramento de plantas**

17. Regulação genética e epigenética de respostas ao estresse em populações naturais de plantas	603
18. Plantas transgênicas: fundamentos, métodos de produção e aplicações	649
19. Pequenos RNAs e aplicações de RNAi em plantas	675
20. Enfoque biotecnológico para o controle de vírus de plantas	709

**Aplicações diversas para a indústria**

21. Toxinas inseticidas de <i>Bacillus thuringiensis</i>	737
22. Suplementos nutricionais, hormônios e o controle da dopagem no esporte	775
23. Princípios fundamentais dos <i>lasers</i> e suas aplicações	815
24. Métodos imunológicos para a detecção de fungos toxigênicos e micotoxinas em grãos, alimentos e rações	895
25. Desafios da extração do RNA do vírus da dengue (ligação e extração ao DNA: métodos, aplicações e limitações)	937
26. Nanotecnologia verde para síntese de nanopartículas metálicas	967
27. Gestão estratégica em ciência, tecnologia e inovação	1013

<i>Sobre os autores</i>	1049
<i>Sobre a coleção</i>	1069

## PREFÁCIO

A biotecnologia moderna tem gerado um conjunto amplo de conhecimentos envolvendo a utilização, a alteração controlada e a otimização de organismos vivos ou de suas estruturas, células e moléculas para a geração de produtos, processos e serviços inovadores. Seus resultados são aplicáveis a diversos setores econômicos, como a saúde, a agroindústria e o meio ambiente, e envolvem várias áreas do conhecimento, como a biologia, a genética, a fisiologia, a microbiologia, a química e a tecnologia da informação, dentre muitas outras.

O cenário para a biotecnologia no Brasil é extremamente promissor, e o progresso nessa área poderá ser acelerado a partir de esforços conjugados entre o governo e as comunidades científica e empresarial no desenvolvimento de projetos conjuntos, na formação de parcerias produtivas, na criação de um ambiente favorável a novos investimentos para o desenvolvimento e/ou a adaptação de conhecimentos e tecnologias de base biológica. Tal avanço da área poderá promover revoluções no tratamento de doenças, na geração de medicamentos de aplicação humana e animal, no desenvolvimento e na melhoria de alimentos, na utilização sustentável da biodiversidade, na recuperação e no tratamento de resíduos, na multiplicação e na reprodução de espécies vegetais, animais e microbianas, e em muitas outras questões.

O crescimento e a expansão da base de inovação biotecnológica estão associados a dois componentes básicos e complementares: a excelência na área de pesquisa científica e a competitividade na abordagem tecnológica. É importante fortalecer a estratégia brasileira nessas duas frentes neste momento em que ganha força a bioeconomia, ramo da atividade humana que promete reunir todos os setores que utilizam recursos biológicos (seres vivos) para oferecer soluções coerentes, eficazes e concretas a grandes desafios, como as mudanças climáticas, a substituição de recursos fósseis, a segurança alimentar e a saúde da população.

Na verdade, a bioeconomia ganha força e visibilidade porque a sustentabilidade entrou de vez na agenda da sociedade. O futuro exigirá ênfase na produção de base biológica, com produtos seguros e renováveis e processos limpos e de baixo impacto ambiental. Na essência da bioeconomia está a pesquisa em vários ramos das biociências, com destaque para a biotecnologia, que o fundador da Microsoft, Bill Gates, descreveu certa feita como o campo do conhecimento humano que desempenha no presente o mesmo

papel exercido pela programação de computadores no século XX. O executivo bem-sucedido e principal filantropo da atualidade argumenta que “se alguém quer mudar o mundo de forma radical, deve começar pelas moléculas. Elas precisam do mesmo tipo de fanatismo amalucado, característico dos jovens gênios que criaram a indústria dos PCs”.

A natureza diferenciada da biotecnologia moderna, que se sustenta em processos amplamente disseminados na natureza e bastante genéricos do ponto de vista de aplicação, abre a possibilidade de um modelo de mercado de tecnologias mais inclusivo e diversificado. Modelo este que tomará o lugar do mercado de inovação até então conhecido, no qual a tecnologia é concentrada em um pequeno número de países, com domínio de um limitado número de processos e produtos. A evolução e as transformações nos vastos campos científico e de aplicações da moderna biotecnologia se processam em velocidade vertiginosa, e não há tempo a perder.

Não há tempo a perder, porque verdadeiras revoluções estão acontecendo nas biociências, com mudanças que nos permitem ampliar a compreensão de mecanismos complexos em plantas, animais e micro-organismos. Por causa disso, as indústrias alimentar, farmacêutica, química, da saúde, da energia e da informação estão se agregando de forma nunca antes imaginada. As fronteiras entre negócios tradicionalmente distintos já desapareceram, criando uma grande convergência na direção do que promete ser a maior indústria do planeta – a bioindústria. O Brasil tem experiência, capacidade e diversidade biológica inigualável para se destacar na nascente bioeconomia. A infraestrutura de pesquisa e inovação, o ambiente regulatório, os investimentos privados e o incentivo público precisam ser estimulados para que o país alcance o papel de destaque que lhe cabe.

Por outro lado, o impacto do homem nos sistemas biológicos, em diversos níveis (do microscópico ao global), aumenta à medida que o nosso conhecimento acerca dos sistemas vivos evolui. Estas duas tendências – aumento do conhecimento e da capacidade técnica e aumento da escala do impacto humano – criam uma série de interseções e incertezas, oportunidades e riscos relacionados a sistemas biológicos e ao futuro da biotecnologia e da bioeconomia. É fundamental investirmos na ampliação das nossas capacidades analítica e crítica, para examinarmos as complexas interseções de forças aqui envolvidas – biológicas, econômicas, políticas e culturais – e buscarmos antever e compreender cenários plausíveis para o desenvolvimento da biotecnologia, da bioindústria e da bioeconomia no Brasil.

Nesse contexto, um importante desafio é o acompanhamento da evolução do conhecimento na área biotecnológica, que se processa de forma

muito rápida, às vezes até alucinante. O processo rápido de convergência das ciências, que torna cada vez mais difusas as divisas tradicionais entre a biologia, a química, a física, a tecnologia da informação e outras vertentes do conhecimento, gera uma impressionante diversidade de técnicas e métodos, cobrindo avanços em tecnologias e métodos como DNA e proteínas recombinantes, microscopia, modelagem molecular, bionanotecnologia e bioinformática, e passando também por terapia gênica e geração de plantas e animais transgênicos.

A presente obra contribui de forma singular para a ampliação do entendimento do estado da arte das técnicas e dos métodos aplicáveis a diversas vertentes da biotecnologia moderna. Com os três primeiros volumes *Biotecnologia Aplicada à Saúde: Fundamentos e Aplicações* e ainda o presente volume *Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria: Fundamentos e Aplicações*, ganhamos obras didáticas que sintetizam os avanços mais relevantes em duas vertentes importantes da biotecnologia moderna: a saúde e a agroindústria. Ao todo, 362 colaboradores participaram deste projeto, todos professores e cientistas reconhecidos nacional e internacionalmente. O conteúdo reflete as visões, contribuições e análises oriundas de 78 laboratórios de pesquisa, envolvendo mais de 150 programas de pós-graduação do país, 49 departamentos de 39 universidades, mais 27 institutos de pesquisas distintos.

É importante ressaltar que praticamente todos os principais protagonistas da pesquisa biotecnológica do Brasil contribuíram para esta obra. Pela amplitude, atualidade e densidade do seu conteúdo, não tenho dúvidas sobre o seu potencial de impacto para os ensinos de graduação e pós-graduação no Brasil. O conteúdo de cada tópico aborda aspectos históricos, a evolução e o aprimoramento das técnicas e modelos apresentados, desde as possibilidades de uso terapêutico e/ou industriais no presente, até as perspectivas de evolução e de uso do conhecimento apresentado. Ele será de extrema utilidade para o treinamento da futura geração de cientistas, que terá a grande responsabilidade de bem posicionar o Brasil na nascente bioeconomia, já que do contrário andarás em retrocesso ao mundo desenvolvido. Eu parabeno os editores e colaboradores que tornaram realidade esta importante obra!

Maurício Antônio Lopes  
Presidente

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)

