



## >> capítulo 1

# Introdução à biotecnologia

*Este capítulo tem como objetivo fornecer ao leitor uma visão geral sobre a ampla e multidisciplinar área do conhecimento chamada biotecnologia, evidenciando sua importância a partir de exemplos do cotidiano, como sua aplicação na produção de medicamentos, alimentos, bebidas industrializadas, produtos de limpeza, diagnósticos, vacinas, cosméticos e na água tratada. Em razão dessa diversidade, esta parte introdutória mostra os aspectos unificadores da biotecnologia, representados por seu conceito, suas aplicações, sua inserção no mundo do trabalho, sua origem e suas tendências e perspectivas.*

### Objetivos de aprendizagem

- >> Compreender o que é biotecnologia e seu impacto na vida cotidiana.
- >> Identificar as diferentes aplicações e áreas da biotecnologia.
- >> Saber como a biotecnologia evoluiu desde sua origem e quais são suas perspectivas para o futuro.
- >> Conhecer as possibilidades profissionais dessa área.



## >> PARA COMEÇAR

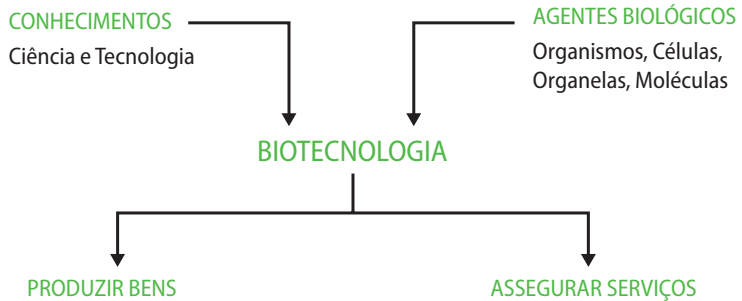
### O que é biotecnologia?

Biotecnologia é uma área extremamente ampla, aplicada, que se utiliza de conhecimentos de diferentes campos e resulta em uma combinação de ciência e tecnologia. Neste capítulo, definiremos a biotecnologia como um conjunto de atividades baseadas em conhecimentos multidisciplinares que utiliza agentes biológicos (organismos, células, moléculas) para o desenvolvimento de produtos úteis ou para a resolução de problemas (Figura 1.1).



### >> DEFINIÇÃO

Biotecnologia é o conjunto de conhecimentos que permite a utilização de agentes biológicos para obter bens ou assegurar serviços.



**Figura 1.1** Definição de biotecnologia.

Fonte: Os autores.

A biotecnologia abrange os seguintes processos:

- obter ou modificar produtos para uso em saúde humana ou animal;
- melhorar plantas e animais ou desenvolver microrganismos para usos específicos;
- aplicar as capacidades de microrganismos, células cultivadas de animais ou vegetais ou parte deles na indústria, na saúde e nos processos relativos ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável;
- modificar e desenvolver novos processos industriais.

Desse modo, podemos concluir que a biotecnologia está intimamente ligada à inovação e, por isso, é descrita como “a ciência do futuro”. No entanto, além das muitas perspectivas e possibilidades nesta área, a biotecnologia já gerou e continua a gerar impactos significativos na nossa vida cotidiana, mesmo que não nos demos conta disso.

# >> Origens da biotecnologia

A origem da biotecnologia data de 10.000 anos atrás, quando o homem, mesmo sem entender a biologia, já lidava com a biotecnologia na produção de vinhos e pães. A produção de bebidas alcoólicas pela **fermentação** de grãos de cereais já era conhecida pelos sumérios e babilônios antes do ano 6.000 a.C. Mais tarde, por volta do ano 2.000 a.C., os egípcios, que já utilizavam o fermento para produzir cerveja, passaram a empregá-lo também na fabricação de pães.

Entretanto, os povos antigos não conheciam os agentes causadores da fermentação, e essa informação ficou oculta por 6 milênios. Somente em 1675 d.C. o pesquisador Antom Van Leeuwenhock, por meio da construção e da utilização de um microscópio com capacidade de ampliação de 270 vezes, descreveu a existência de seres minúsculos que poderiam ser os agentes responsáveis pela fermentação. Finalmente, em 1875, o biólogo francês Louis Pasteur mostrou que a fermentação era causada por microrganismos chamados leveduras (gênero *Saccharomyces*).

O processo fermentativo atingiu o seu auge entre os anos de 1910 e 1940. Nesse período, as grandes guerras mundiais motivaram a produção em escala industrial de produtos oriundos de processos fermentativos, que seriam a base para a fabricação de alimentos.

A descoberta da **penicilina**, um produto da biotecnologia, revolucionou a medicina do século XX. Em 1928, o médico e bacteriologista francês Alexander Fleming observou ao microscópio que a cultura de bactérias que estava estudando (*Staphylococcus aureus*) continha um fungo e não estava crescendo normalmente. Por algum motivo, em vez de considerar o experimento perdido, Fleming decidiu acompanhar o crescimento daquele fungo, o *Penicillium notatum*.

Depois de isolar esse fungo, o médico francês descobriu que ele continha uma substância capaz de matar muitas das bactérias que infectavam o homem, a penicilina. Foi assim, praticamente por acaso, que o mundo ingressou na era dos antibióticos. Assim como a descoberta da fermentação, a da penicilina também ocorreu em um período de guerra (durante a 2ª Guerra Mundial), quando quantidades massivas desse antibiótico começaram a ser produzidas para combater os processos infecciosos dos feridos, sendo responsáveis por isso os cientistas Howard Florey e Ernest Boris Chain.

O ano de 1953 foi um marco para a história e para o desenvolvimento da biotecnologia: o americano James Watson e o inglês Francis Crick descobriram a natureza química e a estrutura tridimensional do material genético, o DNA. No início da década de 1970, a partir do desenvolvimento da **tecnologia do DNA recombinante**, que permite a transferência de material genético entre organismos vivos, passaram a existir dois conceitos de biotecnologia. Essa classificação, apresentada a seguir, baseou-se no nível científico e tecnológico das diferentes técnicas biotecnológicas.



## >> DEFINIÇÃO

Fermentação é um processo de degradação anaeróbia (sem participação de oxigênio) de uma molécula orgânica em vários produtos mais simples para obtenção de energia. Na fermentação alcoólica, leveduras e outros microrganismos fermentam açúcar, produzindo álcool etílico e gás carbônico.



## >> CURIOSIDADE

O vinho é uma bebida proveniente da fermentação alcoólica da uva. Durante o amadurecimento da uva, várias espécies microbianas se sucedem, primeiro transformando os açúcares em etanol e, posteriormente, o etanol em ácido acético. Considerando que o destino natural da uva é o vinagre, a arte da vinificação representa um ganho tecnológico considerável.



## >> DEFINIÇÃO

A tecnologia do DNA recombinante permite cortar e unir quimicamente o DNA e, assim, transferir genes de uma espécie para outra, criando novas formas de vida.

- Biotecnologia tradicional: caracteriza-se pela utilização dos organismos vivos como são encontrados na natureza.
- Biotecnologia moderna: caracteriza-se pela utilização de organismos vivos modificados geneticamente por meio da engenharia genética ou tecnologia do DNA recombinante.



## >> NA HISTÓRIA

A tecnologia do DNA recombinante foi descoberta em 1973. Apenas três anos depois, em 1976, foi criada nos Estados Unidos a primeira empresa de biotecnologia do mundo: a Genentech.



### >> DEFINIÇÃO

Clonagem é um processo de reprodução assexuada a partir do qual é possível a produção de indivíduos geneticamente iguais a partir de uma única célula.

A partir da década de 1980, a biotecnologia passou a ocupar a atenção dos cientistas e dos leigos de forma intensa. Em 1981, foi obtida a primeira planta geneticamente modificada e, em 1996, nascia a primeira ovelha **clonada**, chamada Dolly.

Dolly foi o primeiro mamífero reproduzido a partir de uma célula somática (qualquer célula do organismo que não esteja envolvida na reprodução) de uma ovelha adulta, com seis anos de idade. A técnica de clonagem que deu origem a Dolly também é denominada **transferência de núcleo**, ou seja, o núcleo de uma célula somática é retirado e inserido em um óvulo cujo núcleo foi previamente removido.

Essa nova célula é capaz de se dividir e, se o embrião resultante for implantado e conseguir se desenvolver, poderá gerar um indivíduo com o mesmo material genético encontrado no núcleo da célula somática utilizada. Desde que a ovelha Dolly foi criada pelos pesquisadores do Instituto Roslin, na Escócia, muitos outros animais foram clonados mediante a técnica de transferência de núcleo. A partir de 1997, camundongos, porcos, ovelhas, bovinos, cabras, cavalos e até um veado já foram clonados com a mesma metodologia.

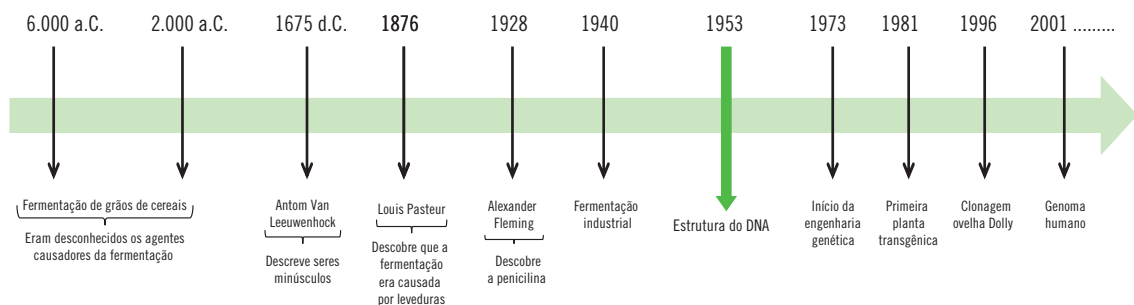


### >> DEFINIÇÃO

Alimentos transgênicos são aqueles geneticamente modificados pelo **método de transgenia**, que, por sua vez, consiste na transferência de genes de um indivíduo para outro.

A biotecnologia é ainda aplicada na criação de plantas resistentes a pragas e, portanto, com menor necessidade de uso de agrotóxicos. Isso foi possível com o advento da **técnica de transgenia** para a obtenção das chamadas plantas transgênicas.

O primeiro produto derivado de um organismo transgênico chegou ao mercado em 1982. Tratava-se da **insulina**, produzida por uma bactéria geneticamente modificada, na qual foi inserido um gene humano para essa proteína. A insulina é um hormônio pancreático que regula os níveis sanguíneos de glicose. Os indivíduos com diabetes do tipo I não produzem insulina e necessitam de injeções diárias desse



**Figura 1.2** Linha do tempo dos processos biotecnológicos empregados pela humanidade há milhares de anos.

Fonte: Os autores.

hormônio para manter a glicose no sangue em valores normais. Até então, a insulina utilizada por diabéticos era extraída de porcos e bois, causando reações alérgicas.

Outra aplicação da biotecnologia na área da saúde está relacionada às vacinas, primeiramente estudadas e difundidas a partir do trabalho do médico inglês Edward Jenner, em 1796. Jenner conseguiu impedir que um menino de oito anos de idade, chamado James Phipps, desenvolvesse varíola após ter sido inoculado com o pus extraído da mão de uma ordenhadora que havia contraído a varíola bovina e com o líquido extraído de uma pústula oriunda do contágio pela varíola humana. Atualmente, as vacinas são produzidas por meio de técnicas biotecnológicas para uma série de doenças que antes eram praticamente fatais.

Portanto, a biotecnologia consiste em uma rede complexa de conhecimentos na qual a ciência e a tecnologia se entrelaçam e se complementam. Enquanto a ciência e a tecnologia continuarem evoluindo, a história da biotecnologia não terá fim. A Figura 1.2 apresenta um resumo, em forma de linha de tempo, da evolução da biotecnologia.

## »» Aplicações da biotecnologia

No Quadro 1.1, relacionamos os setores da sociedade que foram e ainda são influenciados pelas diferentes técnicas biotecnológicas, bem como os diversos produtos e processos que resultaram dessas técnicas.

www.o

» NO SITE

Para conhecer algumas novidades e aplicações da biotecnologia na pecuária, acesse o ambiente virtual de aprendizagem Tekne: [www.grupoa.com.br/tekne](http://www.grupoa.com.br/tekne).

www.o

» NO SITE

Acesse o ambiente virtual de aprendizagem Tekne para saber quais são as principais áreas de atuação da indústria de biotecnologia.

**Quadro 1.1 » Setores da sociedade e seus produtos e processos resultantes**

Setores	Produtos e processos
<b>Indústria</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Plásticos e outros polímeros.</li><li>• Celulose e papel (enzimas removem substâncias indesejadas no processo de fabricação do papel).</li><li>• Detergentes para a indústria têxtil (enzimas para a produção de detergentes que degradam moléculas associadas a manchas de vinho, gorduras e outras).</li><li>• Detergentes mais eficientes (enzimas que reduzem o uso de recursos naturais, como energia elétrica, água e combustível).</li><li>• Acetona (composto orgânico usado principalmente como solvente em esmaltes e tintas, na extração de óleos e na produção de fármacos).</li><li>• Glicerol (usado com funções de umectante, solvente e agente suavizante em doces, bolos e sorvetes). Na indústria farmacêutica, é usado para a produção de pomadas, xaropes, anestésicos e nitroglicerina (para o controle da pressão arterial). Pode também ser empregado em cremes dentais e outros.</li><li>• Ácidos clorídrico, sulfúrico, nítrico, fluorídrico, fosfórico, acético, entre outros.</li></ul>
<b>Saúde</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Medicamentos para diferentes situações.</li><li>• Antibióticos.</li><li>• Hormônios.</li><li>• Vacinas.</li><li>• Testes de diagnóstico.</li><li>• Pesquisa de novos medicamentos e terapias inovadoras.</li></ul>
<b>Agricultura</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Adubos.</li><li>• Biopesticidas.</li><li>• Biofertilizantes.</li><li>• Controle de pragas.</li><li>• Mudas de árvores para reflorestamento.</li><li>• Plantas transgênicas com características como maior valor nutritivo e resistência a pragas e a condições adversas (ambientais ou de cultivo).</li></ul>

### Quadro 1.1 » Setores da sociedade e seus produtos e processos resultantes

<b>Meio ambiente</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recuperação de petróleo.</li><li>• Biorremediação (tratamento de águas e eliminação de poluentes).</li><li>• Agentes biológicos (plantas, enzimas, microrganismos) responsáveis pela degradação de produtos específicos.</li><li>• Desenvolvimento de produtos biodegradáveis.</li><li>• Tratamento mais efetivo de efluentes e resíduos.</li><li>• Produção de biopolímeros (materiais totalmente biodegradáveis).</li></ul>
<b>Energia</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Produção de etanol, biogás e outros combustíveis (a partir de biomassa).</li><li>• Seleção de microrganismos e aproveitamento de diferentes resíduos para a obtenção de energia.</li></ul>
<b>Alimentação</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bebidas (cervejas, vinhos e bebidas destiladas).</li><li>• Panificação (pães e biscoitos).</li><li>• Laticínios (queijos, iogurtes e outras bebidas lácteas).</li><li>• Vinagre, molho shoyu, glutamato monossódico (intensificador de sabor, também conhecido como glutamato de sódio ou MSG) e adoçantes.</li><li>• Proteínas para rações.</li><li>• Alimentos transgênicos.</li><li>• Alimentos para diabéticos ou pessoas com algum tipo de intolerância.</li></ul>
<b>Pecuária</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desenvolvimento de medicamentos para uso veterinário.</li><li>• Melhoramento genético.</li><li>• Alimentação balanceada.</li><li>• Desenvolvimento de embriões.</li><li>• Desenvolvimento de vacinas para uso veterinário.</li></ul>

Os atentados terroristas nos Estados Unidos impulsionaram o desenvolvimento da biotecnologia. O recebimento de cartas contendo a bactéria **antraz**, capaz de causar uma doença infecciosa altamente letal chamada carbúnculo ou carbúnculo hemático, e o medo de novos atentados com diferentes armas biológicas resultaram em um maior investimento em biossegurança e na lei de incentivo ao desenvolvimento de produtos contra materiais bélicos biológicos, que visava a acelerar a pesquisa e o desenvolvimento de vacinas e testes de diagnóstico rápido, além de ampliar o estoque de medicamentos.



#### » PARA SABER MAIS

Para saber mais sobre a importância dos processos biotecnológicos para a promoção da sustentabilidade, leia o artigo "Biotecnologia e desenvolvimento sustentável", (SCHENBERG, 2010) disponível no ambiente virtual de aprendizagem Tekne.

# »» Inserção da biotecnologia no mundo do trabalho

Considerando as aplicações da biotecnologia apresentadas na seção anterior, fica clara a importância dessa área em nossas vidas, mas restam duas perguntas:

- Que profissionais atuam nesta área?
- Onde esses profissionais podem atuar?

Por ser uma área multidisciplinar, oriunda de campos científicos muito diversos, é comum encontrarmos agrônomos, biólogos, biomédicos, farmacêuticos, engenheiros de alimentos, engenheiros de materiais, engenheiros químicos, médicos, químicos, profissionais das ciências humanas e informática e até técnicos de laboratório, entre tantos outros, atuando em biotecnologia. Além disso, não podemos esquecer que atualmente contamos com diversos cursos de nível superior que formam especificamente tecnólogos, cursos de pós-graduação (mestrado e doutorado) voltados à especialização de quem vem atuando nessa área e cursos de nível médio que preparam técnicos para trabalhar em biotecnologia.

Após a publicação do Decreto nº 6.041, de 08 de fevereiro de 2007 (BRASIL, 2007) – que instituiu a política de desenvolvimento da biotecnologia e criou o Comitê Nacional de Biotecnologia, entre outras providências – a biotecnologia no Brasil passou a ser dividida em quatro áreas setoriais: saúde humana, agropecuária, industrial e ambiental, sendo cada uma dessas áreas responsável pelo desenvolvimento de produtos de interesse (Quadro 1.2).



## »» PARA REFLETIR

Com o crescente incremento populacional e a impossibilidade de aumento equivalente de área utilizável para sustentar essa população, novas formas de produção e estratégias para lidar com o meio ambiente devem ser buscadas. Neste cenário, a pesquisa em biotecnologia surge como uma possível solução.

Universidades, fundações de pesquisa e desenvolvimento, empresas públicas e particulares e a indústria tornaram-se polos de desenvolvimento para a produção de ferramentas biotecnológicas e locais de atuação para profissionais da biotec-



### Quadro 1.2 >> Áreas setoriais da biotecnologia no Brasil e produtos de interesse

Área setorial	Produtos de interesse
Saúde humana	Hormônios, interferon, fatores de crescimento, antibióticos, antifúngicos, antitumorais e outros insumos (hemoderivados, biomateriais, kits diagnósticos), anticorpos monoclonais, anticoagulantes (como heparina), medicamentos.
Agropecuária	Plantas resistentes a fatores bióticos e abióticos, biomoléculas a partir de animais e vegetais, vacinas, substâncias bioativas da biodiversidade brasileira e bioindústria de transformação de produtos animais e vegetais.
Industrial	Etanol e biodiesel, biopolímeros (plásticos biodegradáveis), inoculantes para fixação de N <sub>2</sub> em gramíneas, metano destinado à geração de energia elétrica, combustão veicular e para síntese de outros produtos e produção de bio-hidrogênio.
Ambiental	Processos biológicos aplicáveis ao tratamento de efluentes industriais, agropecuários e domésticos, bioativos da biodiversidade brasileira e degradação de CO <sub>2</sub> e metano residuais.

Fonte: Brasil (2007).

nologia. No setor de saúde humana, destaca-se a produção de fármacos, vacinas e anticorpos. No setor da agropecuária, o foco é o aumento da produção de alimentos por meio do desenvolvimento de vacinas para animais e do combate a pragas. Já no setor industrial, a produção de combustíveis e o incremento dos processos fermentativos são estratégicos e, no setor de meio ambiente, a recuperação de ambientes degradados é fundamental. Como se pode ver, a biotecnologia oferece, já em curto prazo, um futuro promissor a todos aqueles que estejam dispostos a ingressar nessa área.

www.o

#### >> NO SITE

No ambiente virtual de aprendizagem Tekne, você encontra uma relação de cursos técnicos e superiores em biotecnologia, além de grupos de pesquisa, fundações e empresas ligadas à área.

www.o

#### >> NO SITE

Para conhecer a Sociedade Brasileira de Biotecnologia, acesse o ambiente virtual de aprendizagem Tekne.

# » Tendências e perspectivas da biotecnologia

A área da biotecnologia está em crescimento e é atualmente considerada um campo de atuação muito promissor. Mais de 300 proteínas desenvolvidas a partir do uso da biotecnologia já foram aprovadas, e muitas outras estão em etapa de testes. A produção dessas proteínas representa um mercado global de produtos biotecnológicos de alto valor agregado, estimado em US\$ 103 bilhões para 2014.

Os anticorpos monoclonais (ver Capítulo 9) representam um dos produtos com previsão de maior crescimento a partir de 2015, mas, com os estudos genômicos e a bioinformática, a descoberta de muitos outros biofármacos já está prevista para os próximos anos. Hoje, os biofármacos líderes de vendas são os anticorpos terapêuticos, principalmente para o tratamento do câncer (como o Avastin® da Genentech) e das doenças imunes.

Na América Latina, particularmente na Argentina, no Brasil, em Cuba e no México, já existe o desenvolvimento de produtos biotecnológicos como anticoagulantes (eritropoietina), hormônio do crescimento, interferons ( $\alpha$  e  $\beta$ ) e fatores estimuladores do crescimento celular. O México tem se destacado na fabricação de antitoxinas, além de produzir proteínas recombinantes (anticoagulantes, interferons e fatores estimuladores do crescimento celular) para uso interno e exportação. Cuba, atualmente, produz 11 vacinas, muitos testes de imunodiagnóstico e mais de 40 moléculas terapêuticas.

No Brasil, as empresas públicas (como o Instituto Butantã e o Laboratório Farmacêutico Federal Farmanguinhos) já vêm produzindo e distribuindo produtos biotecnológicos (eritropoietina, infliximab, interferon e somatotropina recombinante humana) por meio do Sistema Único de Saúde (SUS). Segundo a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), os negócios em biotecnologia contribuem de maneira significativa para o crescimento do produto interno bruto, principalmente por meio de ofertas de novos produtos industriais para a saúde e para o agronegócio.

Em resposta à importância representada pelos avanços que as pesquisas na área da biotecnologia estão trazendo para a qualidade de vida da população e para o desenvolvimento econômico e social, empresas e pesquisadores do setor dispõem de diversas linhas de financiamento. Na esfera federal, entre outros, há o Fundo Setorial de Biotecnologia da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), o Fundo de Investimentos em Capital Semente (Criatec) e o Programa de Apoio ao Desenvolvimento do Complexo Industrial da Saúde (Profarma), ambos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES. Portanto, o futuro da biotecnologia é promissor, e haverá uma grande demanda por profissionais no mercado.



## » NO SITE

É importante conhecer a legislação que envolve a biotecnologia. Acesse o ambiente virtual de aprendizagem Tekne para se informar sobre leis, medidas provisórias, decretos, resoluções e instruções normativas relacionadas a essa área.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 6.041, de 8 de fevereiro de 2007. Institui a política de desenvolvimento da biotecnologia, cria o comitê nacional de biotecnologia e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, 9 fev. 2007. Seção 1, p. 1.

SCHENBERG, A. C. G. Biotecnologia e desenvolvimento sustentável. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 70, p. 7-17, 2010.

## LEITURAS RECOMENDADAS

BORÉM, A.; SANTOS, F. R. *Entendendo a biotecnologia*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008.

MALAJOVICH, M. A. *Biotecnologia*. Rio de Janeiro: Instituto de Tecnologia ORT, 2012.

NEWELL-MCGLOUGHLIN, M.; EDWARD, R. *The evolution of biotechnology: from natufians to nanotechnology*. Dordrecht: Springer, 2006.

SILVA, T. J. C. Clonagem: o que aprendemos com Dolly? *Ciência e Cultura*, v. 56, n. 3, p. 27-30, 2004.

SILVEIRA, M. F. J.; DAL POZ, M. E.; ASSAD, A. L. *Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil*. Campinas: Instituto de Economia/FINEP, 2004.

VILLEN R. A. *Biotecnologia: história e tendências*. [S.l.]: Mandruvá, [20--?]. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq10/rafael.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2014.