

Botânica: uma ciência básica ou aplicada?

JOÃO LÚCIO AZEVEDO¹

(recebido em 07/11/98; aceito em 28/04/99)

ABSTRACT - (Botany: a fundamental or an applied science?). Examples of interactions between endophytic microorganisms and their host-plants are used to show the importance of Botany for biotechnology development and biodiversity preservation. Conclusion: the current hollistic view on sciences makes distinctions between basic and applied aspects of science irrelevant, mainly when biological sciences are taken into account, as is the case of Botany.

RESUMO - (Botânica: uma ciência básica ou aplicada?). Exemplos de interações entre microrganismos endofíticos e suas plantas hospedeiras são usados para demonstrar a importância da Botânica no desenvolvimento da biotecnologia e para a preservação da biodiversidade. Como conclusão, uma visão holística da ciência atual torna irrelevante qualquer distinção entre aspectos básicos e aplicados da ciência, principalmente quando se consideram as ciências biológicas, como é o caso da Botânica.

Key words - Biotechnology, biodiversity, plant-microbes interactions, endophytes

Introdução

O XII Congresso da Sociedade de Botânica de São Paulo teve como tema em 1998 : “Plantas tropicais, interações em ecossistemas naturais e agrossistemas”. Dentre os diversos sub-temas abordados estão a Biodiversidade, a Biotecnologia e as Interações Bióticas. Nada mais apropriado para o momento atual, quando uma visão holística começa a tomar o lugar da tendência reducionista pela qual a ciência tem sido regida desde os tempos de Descartes. Embora a abordagem reducionista tenha tido um grande sucesso no campo da Biologia, especialmente a Molecular, culminando com as descobertas da Engenharia Genética, ela tem levado a atitudes profundamente antiecológicas, pois a compreensão dos ecossistemas fica dificultada pela própria natureza do pensamento racional reducionista. O pensamento racional é linear enquanto a consciência ecológica decorre da compreensão de sistemas não lineares (Capra 1982). Há assim, necessidade cada vez maior do pensamento reducionista ser aos poucos substituído por uma atitude interdisciplinar pela qual estudiosos de diferentes áreas vão se integrando e gerando novos conhecimentos. Neste particular, as áreas de Biodiversidade, Biotecnologia e Interações Bióticas, todas destacadas neste congresso, são exemplos dessa interdisciplinaridade.

Biodiversidade

A Biodiversidade consiste na variabilidade existente entre os seres vivos. É, portanto, o conteúdo da variação biológica que ocorre no mundo. O termo é relativamente novo, tendo sido usado pela primeira vez em 1986 resultando da contração das palavras “diversidade biológica” ou “diversidade biótica” e mede, em princípio, toda a variação biológica do planeta Terra. Em outras palavras, ela é uma medida da variabilidade existente entre e dentro das espécies (Azevedo 1998a). A mola mestra da biodiversidade são as a mutações, ou seja, modificações no material genético dos seres vivos, que são transmitidas aos descendentes. Auxiliando a mutação, estão os diversos mecanismos de recombinação. Mais recentemente, tem sido ampliado o conhecimento sobre a recombinação nos seres vivos. Além dos mecanismos clássicos sexuais e parassexuais de recombinação, envolvendo a permuta genética, novos processos naturais foram descobertos, como os mediados por elementos transponíveis, os transposons, que conseguem transferir genes dentro e entre espécies distintas. Atualmente, são também disponíveis processos artificiais de recombinação como a tecnologia do DNA recombinante, que rompe as barreiras entre espécies, gêneros ou mesmo reinos distintos (para revisão, ver Azevedo 1998b). Mesmo com toda esta potencialidade, os perigos da redução da biodiversidade estão presentes em decorrência de vários fatores; o principal deles resulta das atividades da espécie humana alterando, de diferentes maneiras, o ambiente.

1. Núcleo Integrado de Biotecnologia (NIB), Universidade de Mogi das Cruzes, 08780-911 Mogi das Cruzes, SP, Brasil e Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-ESALQ/USP, 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil.

Dados sobre o número de espécies atualmente conhecidas, bem como uma estimativa das que ainda estão por ser descobertas, estão na tabela 1. Fica evidente que os conhecimentos atuais são ainda muito restritos, principalmente considerando-se os microrganismos. Sem conhecê-los, torna-se difícil protegê-los. Sem saber também as interações entre as espécies, esta tarefa é ainda mais complicada. Muitas vezes a extinção de uma espécie microbiana que vive em simbiose com plantas superiores vai também causar danos e até extinção do hospedeiro. As interações microrganismos-plantas são assim extremamente importantes para que o equilíbrio seja mantido. Baseado nisto serão descritos, em seguida, exemplos de interações que envolvem plantas superiores e microrganismos, especialmente os fungos.

Tabela 1. Número de espécies conhecidas atualmente e estimativa do total de espécies existentes, segundo Bull et al. (1992) e Hawksworth (1992), modificado.

Seres vivos	Nº espécies		% C/E
	Conhecidas (C)	Estimadas (E)	
Bactérias	4700	40000	11,0
Fungos	69000	150000	4,6
Algas	40000	60000	66,7
Plantas	267750	2950000	90,8
Protozoários	30800	100000	30,8
Poríferas, Cnidaeos e Nematóides	29000	515000	5,6
Insetos e outros invertebrados	9700000	6 a 10000000	9,7 a 16,0
Outros animais	98000	100000	98,0
Virus	5000	130000	3,8
Total	1414250	8720000 a 12740000	

Interação entre microrganismos endofíticos e plantas hospedeiras

Microrganismos endofíticos são aqueles que vivem no interior de plantas habitando, de modo geral, suas partes aéreas como caules e folhas, sem causar, aparentemente, qualquer dano aos seus hospedeiros. Eles distinguem-se dos patogênicos, que causam doenças nas plantas, e dos epifíticos que vivem na superfície dos vegetais. Também são endofíticos microrganismos como os fungos micorrízicos e as bactérias que formam nódulos

nas raízes de plantas; estes, entretanto, são muito mais bem estudados e, por esta razão, considerados separadamente dos que habitam preferencialmente as partes aéreas dos vegetais. As distinções entre microrganismos endofíticos, epifíticos e patogênicos são de natureza apenas didática. Como quase tudo em Biologia, não existe um claro limite entre grupos e sim um gradiente entre eles. Um fungo endofítico, por exemplo, pode tornar-se um patógeno conforme as condições de ambiente ou equilíbrio com outros endofíticos; um microrganismo epifítico pode, eventualmente, entrar em uma planta e lá permanecer por um certo período, causando ou não danos à mesma.

Os microrganismos endofíticos foram mencionados pela primeira vez no início do século XIX, mas foi Bary (1866) quem primeiro delineou a diferença entre eles e os patógenos de plantas. Entretanto, foi apenas no presente século, no final dos anos 70, que microrganismos endofíticos começaram a adquirir importância, quando foi verificado que eles apresentam interações simbióticas com o hospedeiro, protegendo as plantas do ataque de insetos, de doenças e de mamíferos herbívoros. Possuem também a capacidade de produzir alterações fisiológicas e muitos outros efeitos nos vegetais que os albergam. A tabela 2 apresenta exemplos de alguns fungos endofíticos e seus efeitos nas plantas hospedeiras. Estes exemplos são, na grande maioria, provenientes de interações entre fungos e plantas de clima temperado.

Os estudos com plantas tropicais são mais restritos mas vem se desenvolvendo rapidamente graças a grupos que tem trabalhado sobre o assunto no Brasil. Com bactérias, estudos têm sido desenvolvidos pelo grupo de Dobereiner (Dobereiner 1992, Dobereiner et al. 1995a, b); com fungos, pesquisas vêm sendo feitas com diversas plantas de clima tropical (Pereira et al. 1993, 1999, Rodrigues 1996). De particular interesse é o estudo com fungos e bactérias endofíticas que habitam plantas cítricas sadias, tolerantes e afetadas pela doença Clorose Variegada dos Citros (CVC) causada pela bactéria *Xylella fastidiosa*.

O desenvolvimento do "Projeto Genoma" desta bactéria, financiado em grande parte pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e pela FUNDECITRUS poderá em conjunção com os estudos sobre as interações planta-

Tabela 2. Alguns exemplos de interações entre fungos endofíticos e plantas hospedeiras. Para mais referências ver Azevedo (1998c).

Tipos de Interação	Referência
1. Controle biológico de insetos Fungo endofítico: <i>Acremonium</i> sp. Planta hospedeira: Várias gramíneas Efeito: Proteção contra Lepidópteros	Breen (1993)
2. Proteção contra animais herbívoros Fungo endofítico: <i>Acremonium</i> spp. Planta hospedeira: <i>Lolium</i> spp. e outras Efeito: Produção de toxinas dando proteção ao ataque por ovinos e bovinos	White & Cole (1985)
3. Efeitos fisiológicos Fungo endofítico: <i>Xylaria</i> spp. Plantas hospedeiras: Muitas Efeito: Queda de folhas	Carroll & Carroll (1978)
4. Produção de fármacos por fungos endofíticos Fungo endofítico: <i>Taxomyces andreanae</i> Planta hospedeira: <i>Taxus brevifolia</i> Observação: Ambos, fungo e planta produzem taxol	Stierle et al. (1993)

patógeno-endofíticos, levar a resultados de valor no controle da doença que está causando grandes prejuízos à citricultura paulista (Simpson & Perez 1998).

A variabilidade que ocorre em microrganismos endofíticos, demonstrada pelo uso de tecnologia de marcadores moleculares no DNA, em estudos que vêm sendo conduzidos no Setor de Genética de Microrganismos do Departamento de Genética da ESALQ/USP e em outras instituições, tem produzido importantes informações sobre as diferenças entre linhagens patogênicas e endofíticas dentro de uma mesma espécie, bem como entre endofíticas e seus habitats (Glielke 1995, Longo 1996). De um modo geral, plantas possuem uma microbiota endofítica característica e que deve ser importante para sua sanidade e manutenção. Também novos microrganismos endofíticos estão constantemente sendo descritos na literatura mundial atestando ser esta diversidade ainda não explorada convenientemente. Tais estudos, principalmente utilizando-se plantas de clima tropical, poderão resultar em descobertas de interesse acadêmico e aplicado. É neste momento que um terceiro aspecto surge de modo decisivo, qual seja, a importância destes microrganismos, considerando-se os aspectos biotecnológicos.

Biotecnologia

O termo Biotecnologia foi empregado pela primeira vez no início dos anos 60. Como o termo

biodiversidade, ele também surgiu pela junção de duas palavras: Biologia (empregada pela primeira vez por Treviranus) e Tecnologia (que já era usada por Cícero e Plutarco). Entretanto, a Biotecnologia, cuja importância na época relacionava-se principalmente aos processos fermentativos, como a produção de antibióticos, apresentou um notável e rápido desenvolvimento, graças à introdução de novas tecnologias que vieram revolucionar a moderna Biologia, incluindo aí a fusão de protoplastos e as tecnologias do DNA recombinante, conhecidas popularmente como Engenharia Genética. Na área vegetal, os conceitos básicos da Botânica foram imprescindíveis para que as novas tecnologias fossem aplicadas de maneira conveniente em plantas. Sem conhecimentos de genética, fisiologia, taxonomia e cultivo de tecidos e células vegetais, entre outros, não haveria possibilidade de obtenção de plantas transgênicas. Atualmente, tais plantas tendem, cada vez mais, a ocupar o lugar de cultivares, melhorados por técnicas genéticas convencionais.

Da mesma forma e usando o mesmo exemplo dos microrganismos endofíticos, o seu uso em processos biotecnológicos, tem sido cada vez mais frequente. A modificação destes microrganismos, por tecnologia do DNA recombinante, permite que novos genes sejam neles introduzidos. Estes genes podem ter importância agrônômica, como os que produzem toxinas contra insetos-pragas da agricultura. A inoculação destes microrganismos endofíticos engenheirados no seu hospedeiro vegetal vai

proteger a planta do ataque destes insetos (Nambiar et al. 1990, Azevedo 1998c). Da mesma maneira, outros genes podem ser introduzidos, como por exemplo, genes que afetam nematóides, fungos e bactérias patogênicos ou que modificam estados fisiológicos das plantas. São todos exemplos de aplicação biotecnológica, onde o conhecimento das interações bióticas são extremamente importantes. Mesmo produtos de valor econômico, como fármacos incluindo aí novos antibióticos e produtos anticancerígenos, têm sido descobertos a partir de fungos endofíticos. Um dos casos mais interessantes é o da produção de taxol, um diterpenóide utilizado contra certos tipos de câncer e que além de ser produzido por alguns vegetais, como *Taxus brevifolia*, também o é, por fungos que habitam esta planta, como o *Taxomyces andreanae* (Stierle et al. 1993, Strobel & Long 1998) o que potencialmente permite a produção do fármaco pelo fungo, por fermentação industrial, protegendo desta maneira a planta, que possui crescimento lento, de possível risco de extinção. Exemplos de aplicações biotecnológicas como este, estão sempre surgindo e são o resultado de trabalhos conjuntos feitos por pesquisadores de diferentes áreas do saber, mostrando não só a natureza inter e multidisciplinar da Biotecnologia mas, muito mais, mostrando a necessidade de uma visão holística, mencionada anteriormente, para que progressos mais acentuados possam ser conseguidos.

Conclusão

Quando se pergunta qual a distinção entre ciência básica e aplicada, ou entre Botânica básica e aplicada, pode-se responder como Pasteur: “Não existe ciência básica ou aplicada; apenas existe a ciência e suas aplicações”. Há aí, uma visão reducionista da época incluída dentro da frase. Em um conceito mais holístico, pode-se dizer que, atualmente, as interações são tão fortes, que há uma sobreposição entre o básico e o aplicado que impede, na maioria dos casos, qualquer dissociação que não seja artificial.

Os conhecimentos botânicos, como os de qualquer área da ciência, especialmente a biológica, constituem o resultado de um esforço conjunto de estudiosos que buscam não apenas o saber, nem apenas o valor econômico de suas descobertas. Esta visão mais global da ciência tem feito com que áreas

não estanques, mas multi-, inter e transdisciplinares como é o caso da Ecologia e Biotecnologia, entre outras, adquiram enorme importância. O notável desenvolvimento das mesmas foi, sem dúvida, o resultado das contribuições de áreas mais afins, entre elas, a Botânica, Genética, Zoologia, Microbiologia, Bioquímica, Biologia Molecular e outras mais distantes, como as que compreendem as ciências humanas e sociais.

Referências bibliográficas

- AZEVEDO, J.L. 1998a. Biodiversidade microbiana e potencial biotecnológico. In Ecologia microbiana (I.S. Melo & J.L. Azevedo, coords.). Editora Embrapa, CNPMA, Jaguariuna p.445-461
- AZEVEDO, J.L. 1998b. Genética de microrganismos. Editora Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- AZEVEDO, J.L. 1998c. Microrganismos endofíticos. In Ecologia microbiana (I.S. Melo & J.L. Azevedo, coords.). Editora Embrapa, CNPMA, Jaguariuna p.117-137.
- BARY, A. 1866. Morphologie und physiologie der Pilze, Flechten und Mycomycetum V. II, Engelman, Leipzig.
- BREEN, J.P. 1993. Enhanced resistance to fall armyworm (*Lepidoptera, Noctuidae*) in *Acremonium* endophyte-infected turfgrasses. *Journal of Economic Entomology* 86:621-623.
- BULL, A.T. , GOODFELLOW, M. & SLATER, J.H. 1992. Biodiversity as a source of innovation in biotechnology. *Annual Review of Microbiology* 46:219-252.
- CAPRA, F. 1982. O ponto de mutação. Editora Cultrix, São Paulo.
- CARROLL, G.C. & CARROLL, F.E. 1978. Studies on the incidence of coniferous needle endophytes in the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Botany* 56:3014-3043.
- DOBEREINER, J. 1992. Recent changes in the concept of plant-bacteria interactions: endophytic N_2 fixing bacteria. *Ciência e Cultura* 44:310-313.
- DOBEREINER, J. , BALDANI, V.L.D. & BALDANI, J.I. 1995a. Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas. Editora Embrapa, SPI, Brasília.
- DOBEREINER, J. BALDANI, V.L.D. & REIS, V.M. 1995b. Endophytic occurrence of diazotrophic bacteria in non-leguminous crops. In *Azospirillum VI and related microorganisms.* (I. Fendrik, M. Del Gallo, J. Vanderleyden & M. de Zamaroczy, eds.) Springer-Verlag, Berlin p.3-14.
- GLIENKE, C. 1995. Variabilidade genética no fungo endofítico *Guignardia citricarpa* Kiely, detectada por RAPD. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- HAWKSWORTH, D. L. 1992. The fungal dimension of biodiversity: Magnitude, significance and conservation. *Mycological Research* 95:641-655.
- LONGO, A.C. 1996. Transformação genética e variabilidade detectada por RAPD em isolados endofíticos de *Colletotrichum musae*. Tese de doutorado, ESALQ/USP, Piracicaba.
- NAMBIAR, P.T.C., MA, S.W. & IYER, V.N. 1990. Limiting and insect infestation of nitrogen-fixing root nodules of the pigeon pea (*Cajanus cajan*) by engineering: the expression of an entomocidal gene in its root nodules. *Applied Environmental Microbiology* 56:2866-2869.
- PEREIRA, J.O., AZEVEDO, J.L. & PETRINI, O. 1993. Endophytic fungi of *Stylosanthes*: a first report. *Mycologia* 85:362-364.

- PEREIRA, J.O., VIEIRA, M.L.C. & AZEVEDO, J.L. 1999. Endophytic fungi from *Musa acuminata* and their reintroduction in axenic plants. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 15:43-46.
- RODRIGUES, K.F. 1996 . Fungal endophytes of palms. In *Endophytic fungi of grasses and woody plants* (S.C. Reddin & L.M. Carris, eds.) APS Press, St. Paul.
- SIMPSON, A.J. & PEREZ, J.F. 1998. ONSA, the virtual genomics institute of São Paulo. *Nature Biotechnology* 16:795-796.
- STIERLE, A., STROBEL, G.A. & STIERLE, D. 1993. Taxol and taxane production by *Taxomyces andreanae*, an endophytic fungus of Pacific Yew. *Science* 260:214-216.
- STROBEL, G.A. & LONG, D.M. 1998. Endophytic microbes embody pharmaceutical potential. *American Society of Microbiology News* 64:263-268.
- WHITE, J.F. & COLE, G.Y. 1985. Endophyte-host associations in forage grasses. 1: Distribution of fungal endophytes in some species of *Lolium* and *Festuca*. *Mycologia* 77:323-327.