



# A IMPORTÂNCIA DA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO PARA A AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

O elemento mais importante para elevadas produções na agricultura tropical é o nitrogênio, que forma 80% da atmosfera na forma gasosa de N<sub>2</sub>, mas que as plantas não conseguem utilizar. Somente certas bactérias, chamadas diazotróficas ou fixadoras de N<sub>2</sub> (FBN), são capazes de transformar o N<sub>2</sub> da atmosfera em NH<sub>3</sub>, ou aminoácidos, que as plantas podem usar. Este processo é conhecido desde o início do século na simbiose das leguminosas, que são infectadas por bactérias do gênero *Rhizobium* ou *Azorhizobium*, em simbiose com a planta. São visualmente observadas pela presença dos nódulos nas raízes, ou, em certos casos, também no colmo. Sua coloração interna ativa é avermelhada, pois apresentam estruturas específicas contendo leghemoglobina, que supre as bactérias com baixas concentrações de O<sub>2</sub> para a geração de ATP, necessário ao processo de fixação de N<sub>2</sub>, mas que, em concentrações mais elevadas, inativa a enzima nitrogenase.

Há um grande número de leguminosas nos trópicos com importância ecológica e na produção de alimentos, como a soja. Esta planta foi introduzida no Brasil nos anos 60, e vem sendo feita a seleção e adaptação das variedades importadas aos solos locais sem nenhuma aplicação de adubos nitrogenados. Com isto, a produção de soja no Brasil obtém do ar todo o nitrogênio necessário para altas produções, enquanto que nos EUA e outros países produtores deste vegetal aplicam-se doses relativamente baixas, porém constantes, na soja. Esta tecnologia tornou o Brasil o segundo produtor de soja no mundo, representando hoje um dos maiores produtos de exportação do país.

Além da soja, outras leguminosas como feijão e leguminosas forrageiras e de reflorestamento (Franco et al., 1995) têm as mesmas características, mesmo que nem sempre consigam obter nitrogênio suficiente da simbiose para suprir as necessidades de produ-

ções elevadas.

A extensão da FBN para plantas não leguminosas, principalmente gramíneas e cereais, se tornou um dos maiores desafios dos últimos 20 anos. Inicialmente, pensava-se que havia somente bactérias diazotróficas na rizosfera, já que certas gramíneas como a grama batatais (*Paspalum notatum*) crescem bem em solos ácidos, sem adubo nitrogenado. Na rizosfera desta gramínea, foi encontrada a primeira bactéria nova no Brasil, que se associa especificamente a este gênero (Döbereiner, 1966). Nos anos seguintes, foram isoladas de cana-de-açúcar e cereais como milho, arroz e sorgo três novas espécies de *Azospirillum* que não somente colonizam a rizosfera, como também contêm certas estirpes que são capazes de infectar a planta, e, assim, fornecer o nitrogênio de forma mais eficiente (Baldani & Döbereiner, 1980).

Nos últimos anos, foram ainda descobertas mais três novas espécies de bactérias diazotróficas que são endófitas obrigatórias, isto é, colonizam raízes, colmos e folhas de cana-de-açúcar, cereais e gramíneas forrageiras em números de até 106 células por grama de planta seca (Döbereiner et al., 1993). Estas bacté-

rias, duas espécies de *Herbaspirillum* e uma de *Acetobacter* denominadas A. diazotrophicus, fixam N<sub>2</sub> no interior da planta e não são capazes de sobreviver no solo por muito tempo. Sua transferência se dá nos toletes ou sementes de uma planta para outra. As três espécies excretam metade do nitrogênio, que elas fixam para a planta que o assimila, diretamente e sem competição com outros microrganismos do solo. A comprovação de contribuições da FBN substanciais foi feita pelo uso de 15N, em quantidades pequenas, aplicadas no solo e que são diluídas nos casos que há fixação de N<sub>2</sub>. Com esta metodologia, Boddey & Döbereiner (1988) e Boddey et al. (1991) comprovaram contribuições da FBN ao arroz e a gramíneas forrageiras. Os maiores benefícios da FBN foram demonstrados para variedades brasileiras de cana-de-açúcar, que foram selecionadas com níveis de adubação nitrogenada, muito abaixo das necessidades da planta (Lima et al., 1987). Estudos adicionais com 15N, confirmados com balanços de N, num grande tanque, contendo solo muito pobre adubado com fósforo, potássio e micronutrientes, confirmaram que certas variedades de cana podem obter produções de até 200 toneladas/ha,

**Quadro 1. Contribuição da FBN em variedades de cana-de-açúcar, estimada pela diluição de <sup>15</sup>N e pelo balanço de N na planta e no solo (urquiaga et al., 1992).**

Variedade de Cana	N acumulado na planta (kg. ha <sup>-1</sup> ano)	Estimativa da FBN utilizando-se duas metodologias (kg. ha <sup>-1</sup> ano)	
		Balanço de N	Diluição de <sup>15</sup> N
CB 45-3	281	209	175
SP 70-1143	258	186	173
NA 56-79	192	129	109
Krakatau	342	270	239
Chunee	110	38	56

sem nenhuma adubação nitrogenada (Urquiaga et. al., 1992), conforme demonstrado no quadro 1.

A descoberta das bactérias endófitas, principalmente de *Acetobacter diazotrophicus*, pode explicar melhor estas elevadas contribuições da FBN em certas variedades selecionadas para isto.

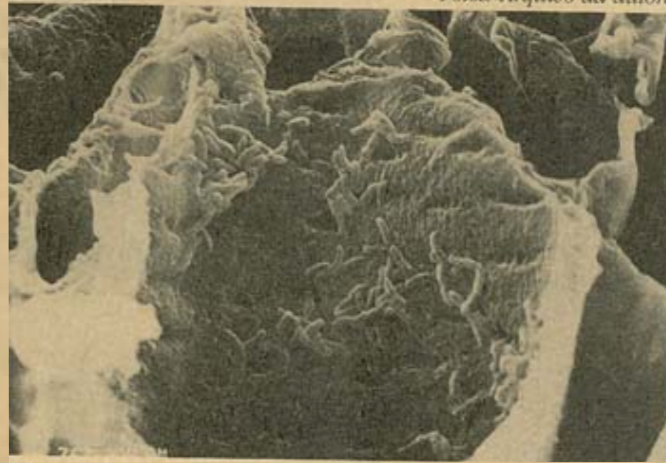
Os dados do quadro 1 mostram as grandes diferenças entre genótipos, ou variedades de cana que são a chave para elevadas contribuições da FBN. Enquanto somente pensava-se em bactérias na rizosfera, foi difícil entender contribuições tão elevadas, e principalmente as grandes diferenças entre variedades. A descoberta das bactérias endófitas, que colonizam todo o vegetal, podem explicar estes resultados de forma mais completa, devido a uma associação mais eficiente.

Mesmo que os efeitos das bactérias diazotróficas sejam menos efetivos em cereais, nas variedades brasileiras, se plantadas com baixos níveis de adubo nitrogenado e elevadas doses de fósforo e micronutrientes, observam-se efeitos significativos das bactérias na produtividade do milho, arroz, sorgo e trigo (Garcia de Salomone, 1993; Baldani et al., 1983; Baldani et al., 1981; Koyama e App, 1979). Com isto abriu-se um caminho para uma agricultura mais econômica, e, principalmente, mais ecológica, já que estas bactérias nunca fixam mais N<sub>2</sub> do que as plantas precisam. A disponibilidade de N para as bactérias inativa imediatamente a FBN, e as bactérias utilizam o N mineral em vez de fixar o da atmosfera. Assim o Brasil, inconscientemente, tornou-se o menor usuário de adubos nitrogenados no mundo, com uso em média de 20kg.ha<sup>-1</sup>, enquanto os países tropicais no Oriente, como a Índia, seguindo a chamada revolução verde, usam dez vezes mais N por ha, mas produzem pouco mais cereais que o Brasil.

#### BIBLIOGRAFIA

- Baldani, V.L.D. e Döbereiner, J. 1980. Host plant specificity in the infection of cereals with *Azospirillum* spp. Soil Biol. Biochem. 12:433-439
- Baldani, J.L.; Pereira, P.A.A.; Rocha, R.E.M & Döbereiner J.1981. Especificidade na infecção de raízes por *Azospirillum* spp. em plantas com via fotossintética C3 e C4.
- Baldani, V.L.D.; Baldani, J.I & Döbereiner, J., 1983. Effects of *Azospirillum* inoculation on root infection and nitrogen incorporation in wheat. Can. J. Microbiol. 29:924-929

Fotos: Arquivo da autora



■ *Herbaspirillum seropedicae* iniciando a colonização de xilema de sorgo.



■ *Herbaspirillum rubrisubalbicans* formando glóbulos no xilema de sorgo envolvidos com paredes formadas pela planta.



■ Colonização do xilema de cana-de-açúcar com *Herbaspirillum* spp formando glóbulos parecendo os envelopes membranosos nos nódulos de leguminosas.

**N**ascida em 1924, na Tchecoslováquia, Johanna Döbereiner chegou em 1950 ao Brasil, mais tarde naturalizando-se brasileira. Formada em agronomia pela Universidade de Munique, tem mais de 300 trabalhos publicados ganhando 12 prêmios importantes. Reconhecida internacionalmente nos meios científicos, ocupa um lugar na Academia de Ciências do Vaticano, sendo, inclusive, indicada para receber o Prêmio Nobel de Química. Entre as várias pesquisas realizadas, descobriu que as bactérias do gênero *Rhizobium* retiram o nitrogênio do ar e o transferem para a planta, que, por sua vez, usa esse nitrogênio como nutriente, fazendo com que cresça rapidamente. Com isso, a utilização de nutrientes químicos passa a ser dispensável, economizando bilhões de dólares.