

PESQUISAS, AVANÇOS E FUTURO

**O crescimento da Fixação
Biológica de Nitrogênio (FBN) e
o empenho de pesquisadores
e empresas na busca pela
sustentabilidade agrícola**

Solon Cordeiro de Araujo



PESQUISAS, AVANÇOS E FUTURO

anpii
ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS
PRODUTORES E IMPORTADORES
DE INOCULANTES

PESQUISAS, AVANÇOS E FUTURO

**O crescimento da Fixação
Biológica de Nitrogênio (FBN) e
o empenho de pesquisadores
e empresas na busca pela
sustentabilidade agrícola**

Solon Cordeiro de Araujo

A hand gently holding a small plant seedling against a warm, golden background. The hand is positioned at the top right, with fingers delicately supporting the stem of the plant. The plant has several dark green leaves with prominent veins. The background is a soft, out-of-focus field of similar plants, creating a sense of a growing field. The overall color palette is warm and monochromatic, dominated by shades of brown, gold, and green.

EXPEDIENTE

Copyright © 2022 por Solon Cordeiro de Araujo
Todos os direitos reservados.

Nenhuma parte deste livro pode ser utilizada ou reproduzida sob quaisquer meios existentes sem autorização por escrito do autor.

Edição: Newslink Comunicação.

Revisão: Marco A. Storani.

Projeto gráfico e diagramação: Charles de Souza Leite.

Impressão e acabamento: Pancrom Indústria Gráfica.

As imagens contidas no livro fazem parte de acervo pessoal do autor, banco de imagens Adobe Stock, ANPII e entidades de pesquisa.

SUMÁRIO

Prefácio	7
Apresentação	9
Nota do autor	11
Agradecimentos	13
Associados ANPPII: Visão compartilhada.....	15
Capítulo 1:	
Toda evolução tem seu início.....	27
Capítulo 2:	
O mercado de inoculantes no brasil	33
Capítulo 3:	
Os novos inoculantes	41
Capítulo 4:	
A coinoculação	53
Capítulo 5:	
Novas abordagens na microbiologia do solo e nas análises dos inoculantes	59
Capítulo 6:	
A necessária interação academia-indústria	65
Capítulo 7:	
Ameaças aos bioinsumos no brasil.....	73
Capítulo 8:	
O que esperar da microbiologia do solo nos próximos anos.....	81



PREFÁCIO

O engenheiro-agrônomo Solon Cordeiro de Araujo, companheiro de inúmeras jornadas, é um daqueles sujeitos que entram para a história das instituições, das pessoas e do país como alguém que soma e multiplica. É comum o uso do termo “simbiose” quando tratamos do uso dos inoculantes. Podemos usar este mesmo substantivo, que tem um importante significado na natureza em geral, para tratar das relações humanas. Tomo a liberdade de expressão para dizer que considero o Solon um ser humano simbiote; não em relação às plantas superiores ou aos microrganismos, mas na sua interação com espécimes de *Homo sapiens*, estabelecendo sempre uma relação ganha-ganha com profissionais de ciências agrárias de diferentes matizes. Faz uso, como poucos, do diálogo aberto para a busca de melhores soluções para questões, muitas vezes, complexas. O Solon teve a oportunidade de acompanhar o início do cultivo comercial de soja no Brasil e toda a sua evolução, até chegar a mais de 40 milhões de hectares cultivados hoje em dia, tornando o país o maior produtor e exportador do grão e uma das nações mais relevantes no abastecimento global de proteínas animais, que dependem da soja e do milho para as suas produções. A sua contribuição para a evolução da produção e do uso de inoculantes no Brasil é de uma gigantesca relevância, fazendo, por exemplo, com que o Brasil seja uma referência global em Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) em soja.

Neste livro, publicado com o apoio da Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes (ANPII), o Solon nos dá uma perspectiva histórica do uso de inoculantes e mostra que o potencial desta categoria de insumos vai muito além da fantástica FBN. Na história recente, vemos como a coinoculação, bem estudada e aplicada, vem contribuindo para ganhos de produtividade e rentabilidade dos produtores. Além da FBN e da coinoculação, o Solon aborda com muita propriedade temas de grande relevância para a agricultura atual, como inoculantes para melhorar a absorção de nutrientes, promover o crescimento vegetal e mitigar o efeito de diferentes tipos de estresse, mostrando a enorme dimensão da microbiologia aplicada à produção vegetal.

Assuntos contemporâneos de grande interesse da sociedade são tratados de forma agradável, simples e objetiva. Destaco temas como análise biológica do solo, controle de qualidade de produtos biológicos com análise gênica, produção “on-farm”, contribuição das startups no desenvolvimento tecnológico e os benefícios das parcerias público-privadas. Além desses temas relevantes, o Solon coloca de forma instigante o seu olhar sobre o futuro da biotecnologia e da produção agropastoril sustentável.

Por fim, registro o meu agradecimento ao amigo Solon por sua gigantesca contribuição ao agronegócio brasileiro e, em especial, por sua dedicação à ANPII, organização que tem mostrado que a união faz a força.

Boa leitura!

José Roberto Pereira de Castro

Ex-presidente da Associação Nacional dos Produtores
e Importadores de Inoculantes (ANPII)

Maior de 2022

A close-up photograph of a plant stem with several large, fuzzy, seed-like structures. The background is a warm, golden color with a large, bright circular light source, possibly the sun or moon, creating a soft glow. The text "APRESENTAÇÃO" is overlaid in the center in a bright green color.

APRESENTAÇÃO

Felizmente, o Brasil possui um importante aliado com alta capacidade para superar adversidades: o agronegócio. Afinal, o fruto desta atividade essencial é pré-requisito para a sobrevivência. Nosso país é uma referência global na produção e exportação de alimentos, com uma agricultura repleta de tecnologias adaptadas às regiões tropicais, produtores rurais conscientes de suas responsabilidades com o meio ambiente, além de indústrias na vanguarda de inovações. Isso não significa que estaremos isentos das consequências de grandes adversidades globais, como a escassez de insumos e matérias-primas no mercado. Um grande desafio para as indústrias do agronegócio, que devem criar alternativas para manter o crescimento da produtividade agrícola.

Neste cenário se destaca uma das tecnologias desenvolvidas para a agricultura de nosso país: os inoculantes. Biotecnologia que emprega o uso de bactérias benéficas às plantas, fornecendo nutrientes por meio da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), além de compostos promotores de crescimento, com capacidade para melhorar o desenvolvimento das plantas e torná-las menos suscetíveis aos estresses ocorridos ao longo da safra.

Com um enorme saldo positivo na relação custo-benefício para a agricultura, a tecnologia de inoculantes foi desenvolvida por meio de árduo trabalho da comunidade científica e industrial brasileira, além de profissionais como o engenheiro-agrônomo Solon Cordeiro de Araujo, precursor e entusiasta do uso de inoculantes dentro das boas práticas do manejo agrícola.

Este livro contém o ápice tecnológico dos inoculantes. O resultado destes anos de trabalho de inúmeros profissionais brasileiros é uma riquíssima fonte de informações que comprovam desde a eficiência no campo até os altos padrões exigidos para produção de inoculantes de excelente qualidade.

O intuito deste livro é gerar questionamentos. Até onde podemos chegar com esta tecnologia? Como utilizá-la da melhor forma possível para impulsionar o agronegócio? Entre outros.

As respostas estão com você, caro leitor. Desejo-lhe uma boa leitura!

Guilherme A. de Figueiredo

Presidente da Associação Nacional dos Produtores e

Importadores de Inoculantes (ANPII)

A hand holds a tablet displaying a field of young plants. A finger points at the screen. The text "NOTA DO AUTOR" is overlaid in green.

NOTA DO AUTOR

Sempre ouvi dizer que o segundo livro é mais difícil que o primeiro. Quando escrevi o “Caminhos, Escolhas e Conquistas”, em 2017, estava com a cabeça fervilhando de lembranças que se iniciavam com a minha carreira, ou antes até, nos últimos anos da Agronomia.

Agora o espaço temporal deste segundo é mais curto, o tempo corre mais rápido, muita coisa em pouco tempo. Mas minha vida continua ligada à Fixação Biológica de Nitrogênio, à microbiologia do solo, à agronomia como um todo.

E veio novamente a sugestão para atualizar o panorama. O que aconteceu na área de 2017 para cá? O que apareceu de novo? O que isso impactará no setor? Desafios a pesquisar, prospectar, discutir.

Novamente saí a buscar, a ligar o atual com minhas reminiscências, a um novo panorama e ao que se vislumbra para os próximos anos, décadas vindouras.

O desafio é maior. As coisas acontecem mais rapidamente, o tempo parece mais curto, há uma dinâmica diferente, mais frenética. E, além do mais, a época é totalmente atípica. Uma devastadora pandemia, atingindo todo o mundo, exigiu esforços inauditos de toda a sociedade. Ficar em casa, desligar os contatos diários com dezenas de pessoas, abandonar os abraços, os beijinhos, os apertos de mão. E continuar trabalhando, produzindo, fazendo as coisas andarem. Não parar, não parar, não parar...

Comecei a pensar no que poderia escrever, como desfilas os novos produtos, como avaliar e estimar seus impactos no dinâmico mercado agrícola brasileiro. E o livro foi tomando corpo. Foram poucos anos, mas extremamente frutíferos. A coinoculação tomou espaço no cenário agrícola. Novos inoculantes, com diferentes funções, surgiram no mercado. Novas ferramentas científicas foram colocadas ao alcance da pesquisa, da produção, do controle de qualidade. Startups estão sendo criadas, buscando disrupturas no setor.

Como condensar tudo isso em um livro? Corremos o risco da rápida defasagem. Mas não há como fugir. E isso gerou este novo livro, como uma fotografia do momento atual.

Espero ter coberto uma parte de tudo que ocorreu neste período e que continua ocorrendo à velocidade da luz.

AGRADECIMENTOS



À Ivanoska, pelo companheirismo e apoio em todos os momentos.

Aos filhos Fábio e Marcos, pelo apoio e pela dedicação constantes.

Aos meus pais, *in memoriam*, pelos sólidos princípios éticos transmitidos.

Aos presidentes da ANPII, José Roberto Pereira de Castro e Guilherme Figueiredo, que em suas respectivas gestões se envolveram neste livro, bem como toda a diretoria da ANPII e às empresas associadas, que viabilizaram a publicação.

Ao Élcio Ramos e a toda a equipe da Newslink, e ao Charles de Souza Leite pela dedicação à edição.

A todos que, de alguma forma, me acompanharam e me acompanham nesta jornada através da microbiologia do solo.

Solon Cordeiro de Araujo

Engenheiro-agrônomo e consultor da Associação
Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes
(ANPII)



ASSOCIADOS ANPII

VISÃO COMPARTILHADA

Nas últimas décadas, empresas e seus colaboradores provam que a iniciativa privada pode ser forte aliada à pesquisa científica por meio de associativismo e união

**“ A melhor maneira de
prever o futuro é criá-lo. ”**

(Peter Drucker)





A Agrocete é referência global em adjuvantes, nutrição e inoculantes. A empresa iniciou suas atividades em Ponta Grossa, no Estado do Paraná e, desde 2015, tornou-se multinacional com a inauguração da Agrocete Paraguay S/A. Atualmente a sua planta fabril de inoculantes está entre as maiores e mais modernas da América do Sul. Desenvolver e produzir tecnologias de forma sustentável que melhoram a produtividade agrícola e proporcionam maior rendimento no campo estão em nossa essência. Com investimento no conhecimento técnico e em rigoroso trabalho de pesquisa, somados às mais inovadoras tecnologias, a Agrocete conquistou o respeito de seus clientes, tornando-se líder no segmento agrícola.



**AGROCETE INDÚSTRIA
DE FERTILIZANTES**



Mais informações
sobre a empresa podem
ser obtidas no site
www.agrocete.com.br



A Bioagro investe há mais de duas décadas em qualidade, pesquisa e desenvolvimento, na melhora contínua de seus produtos, tendo como objetivo inicial operar no segmento de fertilizantes e inoculantes, constituindo seu atual portfólio com várias marcas próprias; entre elas Bionutri e Agromix, em um amplo espectro, abrangendo, praticamente, os produtores de quase todas as culturas agrícolas, em destaque as de forrageiras, soja, milho, arroz, feijão, trigo, algodão e hortifrutigranjeiros. Fundada em 1988, na cidade de Cruz Alta-RS, a empresa transferiu sua sede para a cidade de Santa Maria-RS, em fevereiro de 1995. Em termos de macrolocalização, as instalações fabris estão localizadas na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, em posição geográfica privilegiada, pois dispõe de três BRs, ligando-a a todo o país, bem como ao Mercosul. A empresa teve rápido crescimento, fruto da qualidade de seus produtos e dos serviços prestados à sua clientela, avançando em destaque sobre a Região Centro-Oeste do país e a cada ano expande seus horizontes.



BIOAGRO COMERCIAL
AGROPECUÁRIA



A Lallemand é uma empresa com mais de 100 anos de know-how, sendo, hoje, a líder global no desenvolvimento, produção e comercialização de microrganismos fornecendo biológicos para agricultura, nutrientes e leveduras para produção de alimentos, bebidas, biocombustíveis, soluções para saúde humana e nutrição animal. A Lallemand Plant Care dispõe ao mercado um portfólio completo e de destaque em resultados e eficiência. São produtos de alta performance com rigoroso processo produtivo em prol de uma agricultura responsável no manejo de pragas e doenças levando ao campo o melhor da ciência e tecnologia de ponta a ponta.



LALLEMAND
BRASIL



Mais informações sobre a empresa podem ser obtidas no site www.lallemandplantcare.com



A Tradecorp é o resultado da fusão de duas empresas, após aquisição da brasileira Microquímica pela espanhola Tradecorp, em janeiro de 2019. Apresenta ao mercado agrícola um amplo portfólio de fertilizantes, biofertilizantes, inoculantes, adjuvantes e reguladores de crescimento vegetal. A tecnologia de seus produtos responde às tendências atuais do mercado, garantindo assim uma produção segura, produtiva e de alta qualidade. Sediada em Hortolândia (SP), a Tradecorp possui também um centro de distribuição logística às margens da Rodovia dos Bandeirantes, entre Campinas e Sumaré e uma filial em Monte Mor (SP) destinada à fabricação e distribuição de seus produtos, desenvolvidos por meio de conhecimento e da melhor tecnologia nacional e internacional. Dentro de um plano de responsabilidade socioambiental, é associada e acionista do Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV), que visa dar destinação correta às embalagens de agroquímicos recolhidas junto aos agricultores. Também utiliza embalagens da Campo Limpo, uma indústria do Sistema inpEV, que utiliza como matéria-prima o material recolhido do campo, fechando o ciclo e trazendo mais sustentabilidade para a operação no Brasil.



TRADECORP



Mais informações sobre a empresa podem ser obtidas no site www.microquimicatradecorp.com



A Nitro 1000 Inoculantes, é uma empresa 100% brasileira, sediada em Casca-
vel, Paraná, que produz, unicamente, inoculantes líquidos e turfosos e tem
atualmente uma gama de reatores, equipamentos laboratoriais e uma equi-
pe profissional de doutores e técnicos em microrganismos, capazes de produzir um
produto de altíssima concentração e pureza, levando prosperidade aos produtores
rurais e conservando o meio ambiente. somos em três sócios, de formação cristã e
acreditamos nas “promessas do senhor”, que nos dá saúde e discernimento nas de-
cisões para podermos cumprir prazos acordados com clientes e fornecedores, com
profissionalismo, ética e produtos eficientes.



NITRO 1000
INOCULANTES BIOLÓGICOS



Mais informações
sobre a empresa podem
ser obtidas no site
www.nitro1000.com.br



Novozymes é uma empresa multinacional de origem dinamarquesa, líder mundial em soluções biológicas. Há mais de 70 anos, a Novozymes se dedica a produção de enzimas e microrganismos com aplicação nas mais diversas indústrias, como saúde e nutrição animal, agricultura, bioenergia, alimentos e bebidas e cuidados domésticos. Na América Latina, a empresa está presente no Brasil (duas unidades industriais no Paraná – Araucária e Quatro Barras), na Argentina (Pilar) e no México (Cidade do México). A Novozymes investe pesado em inovação. Com a linha de produtos para agricultura, a Novozymes oferece soluções customizadas para os agricultores de todo o Brasil com os pilares de biocontrole e biofertilidade.

A empresa globalmente emprega mais de 6 mil pessoas e está entre as 100 empresas mais inovadoras do mundo na lista da Forbes. A Novozymes está comprometida em ajudar a resolver três desafios globais: clima; água; e produção e consumo sustentáveis. Isso juntamente com os clientes, parceiros e a comunidade internacional, sempre aprimorando o desempenho industrial, preservando os recursos do planeta e ajudando a construir uma vida melhor.



**NOVOZYMES
AMÉRICA LATINA**



Mais informações
sobre a empresa podem
ser obtidas no site
www.novozymes.com



Rizobacter

Líder mundial em inoculantes de soja e insumos, a Rizobacter é uma multinacional argentina com mais de 40 anos de atuação em seu país de origem. Presente com suas filiais e subsidiárias no Uruguai, Paraguai, na Bolívia, Colômbia, nos Estados Unidos, entre outros países. A Rizobacter também está presente em um dos maiores produtores e exportadores agrícolas do mundo: o Brasil. A empresa possui diferentes produtos como inoculantes para soja, feijão e milho, adjuvantes, micronutrientes para tratamento de sementes, micronutrientes para aplicação foliar e biofertilizantes utilizados para incrementar a produção de alimentos e o cuidado no equilíbrio natural. Presente no Brasil desde 1998, a Rizobacter oferece aos produtores rurais o que há de melhor e mais avançado em pesquisa e tecnologia para o desenvolvimento de diferentes cultivos, cuidados com o meio ambiente e a sustentabilidade. Os produtos possuem formulação exclusiva e têm foco no desenvolvimento da microbiologia da planta, o que garante vantagens para o produtor, como aumento da produtividade, diminuição na utilização de defensivos agrícolas, melhora genética das sementes, maior resistência a pragas e problemas climáticos e sementes com maior potencial energético.



RIZOBACTER



Mais informações sobre a empresa podem ser obtidas no site www.rizobacter.com.br



Somos uma empresa multinacional americana presente em 56 países, que oferece soluções inovadoras para a agricultura.

Além de seus produtos biológicos, é líder mundial em nutrição e fisiologia vegetal, soluções que, integradas, possibilitam ao agricultor aproveitar o máximo potencial genético das plantas, obtendo elevados níveis de produtividade.

Com o foco no produtor, nossa missão é transformar conhecimento em inovação para a agricultura, com foco nos clientes, gerando valor a todos os envolvidos.



STOLLER DO BRASIL



Mais informações sobre a empresa podem ser obtidas no site www.stoller.com.br

VITTIA

G R U P O

Líder nacional no mercado de inoculantes, a Vittia figura entre os três maiores players de fertilizantes foliares do Brasil, atendendo atualmente 25% de toda a área de soja do Brasil, o segmento agrícola de maior destaque no agronegócio do país, e possuindo forte atuação nas culturas de café, milho, citros, feijão, algodão, cana-de-açúcar, HF, cereais de inverno e pastagem.

Por meio de pesquisa, tecnologia e desenvolvimento, o Grupo, dedicado à produção de insumos de alta tecnologia para a agricultura, conta com diversos produtos nas linhas Inoculantes, Adjuvantes, Acaricidas, Condicionadores de Solo, Defensivos Biológicos (macro e micro-organismos), Fertilizantes Foliares, Fertilizantes Organominerais, Micronutrientes Granulados para Solo e Sais para a Agricultura e Pecuária.

A Vittia é uma empresa que há 50 anos trabalha com insumos para o agronegócio, por meio de pesquisa, desenvolvimento, inovação e sustentabilidade, oferecendo as melhores tecnologias para a maior produtividade e rentabilidade no campo.



GRUPO VITTIA



Mais informações
sobre a empresa podem
ser obtidas no site
www.vittia.com.br



CAPÍTULO 1

TODA EVOLUÇÃO TEM SEU INÍCIO

O mundo evolui e com a FBN e os produtos biológicos não poderia ser diferente. Adiantamos algumas linhas que, presumimos, viriam a ser incorporadas ao processo de desenvolvimento pela pesquisa e pelo uso nas lavouras

Após o lançamento da primeira edição do livro “Caminhos, Escolhas e Conquistas”, em 2018, muita coisa nova ocorreu no âmbito da Fixação Biológica de Nitrogênio e da microbiologia do solo. Poucos anos se passaram, mas um enorme acervo de conhecimentos foi desenvolvido e incorporado à agricultura brasileira.

No livro anterior viajamos pela FBN desde seus primórdios até os tempos atuais, passando pelo crescimento da cultura da soja no país, estendendo-se do Rio Grande do Sul até o Pará, consolidando-se como a grande cultura do Centro-Oeste.

Com a enorme área dessa cultura e a inoculação sendo recomendada como fonte preferencial para o fornecimento de nitrogênio, fruto dos dados obtidos pela pesquisa e pela evolução da qualidade dos inoculantes produzidos no país, os agricultores brasileiros adotaram, de forma inédita, o uso de inoculante em suas lavouras.

Mas o mundo evolui e com a FBN, e os produtos biológicos de forma geral, não poderia ser diferente. No último capítulo do livro já adiantamos algumas linhas que presumimos viriam a ser incorporadas ao processo de desenvolvimento pela pesquisa e pelo uso nas lavouras.

Mas, antes, são necessárias mais algumas considerações:

Iniciei a redação durante um período pelo qual nenhum ser humano vivo havia passado: uma pandemia que esgarçou o relacionamento pessoal. Em vez de encontros presenciais, uma comunicação com nossas imagens projetadas em monitores e nas telas de celulares. E diversas cadeias de suprimento passando por dificuldades, sem falar no espectro do medo de entrar para as terríveis estatísticas de milhões de mortos. Um clima tenso e inusitado.

Porém, mais do que isso:

Escrevo este livro no meio de um tsunami na área de biológicos. Dezenas de produtos entram a cada mês no MAPA para novos registros. Empresas nacionais e multinacionais, grandes e pequenas, entram no mercado. Startups são criadas para trazer inovações. Novos termos, até então reservados a pesquisas de ponta, passam a mostrar presença nas empresas, na comunicação empresarial. As ciências “ômicas” passam a fazer parte do dia a dia dos departamentos de P&D das empresas, e passam a direcionar o trabalho das startups. De um mercado conservador, parado, devagar, muda-se para um patamar dinâmico, de grande agitação, inovador.

Uma legislação nova, cobrindo toda a área de bioinsumos entra em curso, exigindo um grande esforço da área regulatória, um trabalho conjunto dessa área em particular com as empresas, com os consumidores e com a política. Enquanto redigimos, o assunto ainda não está resolvido. Entra em cena, também, o tema da produção de bioinsumos na fazenda. Reivindicado por setores representativos de segmentos da produção agrícola, tem como objetivo principal reduzir custos na lavoura. Entretanto, se continuar sendo malconduzido como tem sido até agora, o tiro sairá pela culatra: poderá se reduzir o custo, mas com uma consequência na redução da produtividade e da lucratividade. Mas vamos discutir isto em um capítulo especial sobre o tema.

E, se não bastasse toda esta agitação, surge uma guerra entre Rússia e Ucrânia. “Ora, mas é lá longe.” Como diz o título do livro de Richard Bach, *longe é um lugar que não existe*. Neste mundo globalizado, onde as distâncias deixaram de ser empecilhos, a produção

agrícola do Brasil, carro-chefe do PIB nacional, depende largamente dos fertilizantes vindos da Rússia e de países daquela área, o que está sendo dificultado, e talvez até impossibilitado, pelas circunstâncias advindas da guerra. E aí o setor de biológicos foi lembrado como nunca. Surgiram perguntas mil na mídia: “É possível suprir a falta de fertilizantes com os insumos biológicos?” Vamos também discutir isto em capítulos diversos durante a leitura. Mas desde já podemos dizer que, sem sombra de dúvida, os biológicos, embora não possam, como um todo, substituir todos os fertilizantes químicos, com exceção do nitrogênio em leguminosas, têm uma enorme contribuição a dar, na melhor utilização dos nutrientes presentes nos fertilizantes e no solo, levando a um maior aproveitamento e a maior eficiência.

Portanto, um livro escrito na turbulência pode, em alguns pontos, ficar defasado ao terminarmos de redigir uma frase. O ambiente rapidamente mutável poderá levar a isso. Mas, de qualquer forma, ponho aqui a “fotografia” do momento, a situação presente.

Assim, levantando todos os novos fatos ocorridos, as pesquisas em andamento, a explosão de novos produtos no mercado, podemos dizer que estamos na “era dos biológicos” na agricultura.

Logo após a Segunda Guerra Mundial, em 1945, começou uma preocupação com os enormes contingentes populacionais desprovidos do mais básico: alimentação no mínimo para a sobrevivência. Mas foi nas décadas de 60-70 que entramos no uso intensivo de produtos químicos na agricultura, com um enorme ferramental de insumos produzidos em escala industrial, usados como herbicidas, fertilizantes e defensivos.

Isso, aliado a um intenso melhoramento genético das principais culturas, constituiu a chamada revolução verde, que foi um ponto de inflexão no aumento da produtividade, trazendo um significativo crescimento na produção por área, e a possibilidade de se produzir alimentos em áreas até então consideradas marginais ou até mesmo não adequadas à exploração agrícola. Com isso, apoiado a uma intensa divulgação dos novos métodos de produção, logrou-se uma maior abundância de alimentos, com conseqüente venda por preços mais acessíveis à população, em especial naqueles países com fome endêmica.

Entretanto, com o correr dos anos de uso contínuo deste conjunto de técnicas, alguns problemas começaram a aparecer e acendeu-se o alerta de que não seria sustentável no longo prazo. O solo era encarado quase que somente como um suporte para as raízes. O alimento para as plantas seria totalmente suprido por fertilizantes químicos; a matéria orgânica era pouco importante. Isso levou os solos à degradação, à erosão e à necessidade de doses crescentes de fertilizantes, muito além do que a planta poderia absorver. No que tange ao controle de pragas e doenças, os defensivos utilizados tornavam-se rapidamente ineficientes pelo desenvolvimento de resistência nos insetos e microrganismos. Isso também exigia doses crescentes de produtos, com diversas aplicações no ciclo das culturas.

O conjunto levava a um sensível aumento de custos e encarecimento dos alimentos, bem como passou a trazer preocupações com a degradação do meio ambiente. Alguma coisa deveria ser feita, sob pena de termos uma agricultura não sustentável, seja do ponto de vista econômico como do ambiental.

“ Na agricultura atual, em princípio, os olhos voltaram-se para o solo, que passou a ser encarado não como um mero suporte para as raízes, mas como um local de intensa vida, com uma estreita comunicação com as plantas. ”

É incrível a capacidade do ser humano para desenvolver soluções aos problemas que ele mesmo criou e, quando uma situação chega próxima do seu limite, as soluções são encontradas. O caso da cloração da água é típico. Quando os rios próximos das grandes cidades já tinham um nível de poluição que impedia seu uso, veio o tratamento de água por filtração e uso de cloro, tornando potável a água de rios que são verdadeiros esgotos. Assim, também na agricultura atual, começou um processo de renovação. Em princípio, os olhos voltaram-se para o solo, que passou a ser encarado não como um mero suporte para as raízes, mas como um local de intensa vida, com uma estreita comunicação com as plantas, permitindo uma nutrição mais equilibrada, uma sanidade mais robusta e uma maior tolerância aos estresses hídricos e de temperatura. Enfim, um grande e dinâmico laboratório, vivo, com inúmeras reações químicas e biológicas, caldeirão de transformações levando a novos conceitos na agricultura.

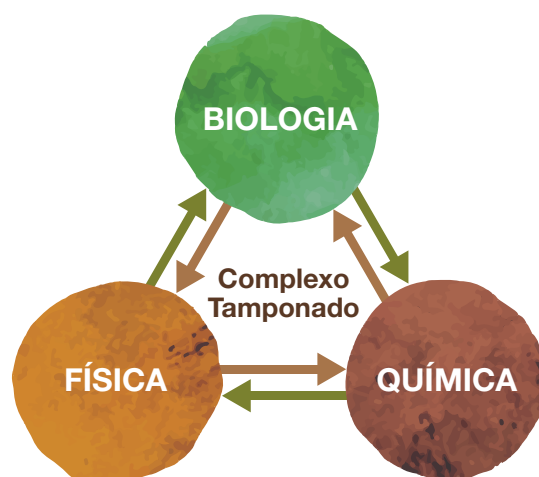
A matéria orgânica passou a ser encarada como um ativo importante: teorias de manutenção e aumento da fração orgânica do solo, cobertura vegetal, incorporação de restos culturais, diminuição e eliminação de queimadas, cultivo mínimo. Desaguando tudo no vitorioso plantio direto.

A microbiologia do solo deixava de ser uma ciência apenas de aumento de conhecimento, mas passou a ser uma ciência aplicada. De um estudo apenas da função de um microrganismo, entrou-se no estudo das interações entre microrganismos, entre estes e as raízes da planta, a inter-relação de todo este conjunto com os elementos químicos do solo. Um estudo mais amplo, holístico, abrangente.

O conceito de “solo vivo” estabeleceu-se entre os agricultores e todo um ferramental biológico passou a ser utilizado. Mais do que simplesmente produtos para um resultado imediato, passou-se a tratar o solo como algo durável, que necessita de manutenção permanente para propiciar colheitas fartas por anos e até séculos.

No campo do controle de pragas e doenças também se renovaram conceitos. O controle biológico veio com posturas mais modernas e tornou-se um processo altamente significativo o controle de pragas e doenças.

A tradicional análise de solos sob os pontos de vista químico e físico, usada por dezenas de anos e com resultados de grande vulto, passou a contar com métodos para a análise biológica. Assim, completa-se a análise das propriedades integrais do solo, visando atingir elevadas produtividades, constantemente, ao longo do tempo. Seja pela BioAs, analisando as enzimas presentes em um solo, seja pelos métodos utilizando análises de DNA, podem-se obter os dados completos para fechar o famoso triângulo de composição do solo e suas interações:



Nada disso significa o abandono dos processos químicos, seja na nutrição vegetal, seja no controle de pragas e doenças. A dicotomia entre “químicos e biológicos” é uma posição polarizada que, como toda polarização, é danosa, restritiva. O uso consciente e sinérgico entre ambos, usando-se as vantagens de cada um e superando-se as limitações inerentes a cada tecnologia, é que vai abrir o caminho para uma agricultura cada vez mais produtiva, rentável e sustentável. Em todo o mundo há uma onda favorável ao uso de biológicos na agricultura. As pesquisas fervilham, todos os dias novos produtos são lançados, mais e mais agricultores aderem ao sistema. Sem dúvida foi uma quebra de paradigmas, uma nova abordagem, em novo enfoque.

Assim, este livro, de certo modo, é uma continuação do anterior, que conta a história da FBN no Brasil, narrada na primeira pessoa, por quem vive há mais de 50 anos neste universo particular da microbiologia do solo. Vai até o período, aproximadamente, de 2017. Este segundo livro procura descrever o que ocorreu, e está ocorrendo, a partir daquele ano. Agora escrito de uma forma menos pessoal, menos coloquial, com linguagem mais técnica, procurando abranger os novos fatos supervenientes, não só na FBN, mas sob um maior envolvimento com toda a microbiologia do solo. Aborda-se de forma mais profunda a vitoriosa tecnologia da coinoculação de soja e feijão, mostrando o efeito sinérgico ente inoculantes à base de *Rhizobium/Bradyrhizobium*, com resultados consistentes mostrando que o uso concomitante dos dois inoculantes traz significativos ganhos de produtividade tanto para a soja como para o feijão.

Os novos inoculantes, para solubilização de fósforo e para a cana-de-açúcar, mais dois “presentes” da pesquisa para a produção agrícola, também ganham destaque, assim como o mercado de inoculantes, a nefasta “produção on-farm”, os novos métodos de controle utilizando as técnicas de biologia molecular, a perspectiva que se abre com a edição gênica, a criação de startups e novas palavras que, até agora restritas ao vocabulário dos cientistas, passarão também a fazer parte do dia a dia das empresas de inoculantes e da agricultura. As ciências “ômicas” (metabolômica, proteômica, genômica e outras) já estão fazendo parte do contexto da FBN. Nota-se, claramente, uma nova visão, uma nova abordagem da microbiologia do solo. Até pouco tempo atrás o olhar era para a função, isoladamente, de uma espécie ou de um gênero de microrganismos. Hoje se amplia o espectro de visão, em uma forma mais aberta, mais abrangente. Estuda-se a ecologia microbiana, as interações de microrganismos entre si, entre microrganismos e plantas, tudo correlacionado com condições edafoclimáticas. As inúmeras novas ferramentas de análise em laboratório e a ampla interpretação de dados propiciada pelo avanço da bioinformática permitem uma avaliação holística do complexo sistema planta, solo, microrganismos. Cada vez mais se amplia o conhecimento das funções da microbiota do solo na disponibilização de nutrientes, no sistema de defesa, no estímulo ao crescimento do sistema radicular e na arquitetura das plantas. Tudo se somando para, uma vez funcionando “redondinho”, levar a maiores produtividades dos cultivos de forma sustentável. Já se fala, dentro da ciência, de uma “inteligência” das plantas, em comunicação das plantas entre si, entre plantas e microrganismos, da evolução conjunta de sistemas plantas-microrganismos. Até mesmo a existência de uma “internet” das raízes, com as micorrizas fazendo o papel de cabos. No sentido de discorrer sobre o que de novo está ocorrendo na área de insumos biológicos, esperamos que este novo livro traga informações de valor sobre a Fixação Biológica de Nitrogênio, um fenômeno natural que foi adaptado, tornando-se a mais rentável tecnologia em uso na agricultura, e sobre as novas formas de abordagem da microbiologia do solo.



CAPÍTULO 2

O MERCADO DE INOCULANTES NO BRASIL

Na soja, alguns nichos ainda necessitam de maior atenção para que os agricultores possam se beneficiar da FBN

Lembro-me bem de minha primeira fábrica de inoculantes. Ano de 1971. Produzimos 400.000 doses de inoculante para soja. Foi uma festa. Daí para a frente, ano a ano, a produção foi aumentando gradativamente.

Como relatamos no livro anterior, o estudo e o uso da fixação do nitrogênio no Brasil já nasceram de uma forma estruturada, orgânica. Isso gerou bons resultados e confiança no agricultor que adotou a prática.

Lógico que houve percalços. A divulgação das novas tecnologias na época era quase que boca a boca.

O extensionista e o vendedor de insumos não dispunham de WhatsApp e necessitavam se deslocar quilômetros para passar uma informação ao agricultor. Mas, pouco a pouco, o mercado foi tomando ciência das vantagens que o uso de inoculantes trazia para a rentabilidade das lavouras.

A entrada da soja no Cerrado foi fator determinante para o uso de inoculantes. Pelos solos mais férteis do Rio Grande do Sul e em especial do Paraná, o emprego de inoculantes nem sempre trazia um resultado visual impactante, o que levava alguns agricultores a não utilizarem o insumo.

Mas plantar no Cerrado sem inoculante era não colher soja. E o uso do inoculante começou a ser rotina em áreas do Centro-Oeste.

Conforme as cultivares de soja eram lançadas com cada vez maior capacidade genética para altas produtividades, o inoculante brasileiro capacitava-se com maiores concentrações, melhores condições de utilização, maior disponibilidade no mercado, acompanhando a evolução da tecnologia.

Mas ainda havia áreas onde o uso dos inoculantes ficava aquém do desejável, e novas ações de divulgação se faziam necessárias. Nos anos 90, uma forte ação foi estruturada entre ANPPII e a Embrapa: foram articuladas palestras em todas as áreas importantes para a cultura no Brasil. Escolheram-se pontos-chave em cada estado e uma caravana com pesquisadores da Embrapa e algum profissional das empresas realizava a palestra para públicos que geralmente estavam na faixa de 100 a 150 participantes. Foram realizadas em torno de 25 palestras, muitas delas em cooperativas. O resultado, na época foi altamente significativo. Foi possível medir o grande número de agricultores, devidamente esclarecidos sobre os benefícios da inoculação, que passou a utilizar o produto em suas lavouras. Em uma das maiores cooperativas do país, cuja taxa de utilização de inoculantes era de 30%, o uso do produto aumentou em poucos anos, chegando hoje a cerca de 90%.

Durante todos estes anos, a indústria de inoculantes no Brasil capacitou-se, qualitativa e quantitativamente, para atender à demanda. O inoculante para soja abrange uma ampla rede de distribuição por todo o país, sendo um dos insumos cuja oferta é sempre superior à demanda.

O preço do inoculante no Brasil é o mais barato do mundo, havendo um claro descompasso entre seu elevado benefício e seu baixo preço de mercado, fruto de uma acirrada concorrência entre as empresas. Mas, mesmo com um preço defasado no quesito custo-benefício, as melhorias tecnológicas foram sempre incorporadas aos novos produtos oferecidos ao mercado, fazendo com que o agricultor receba sempre um produto atualizado, capaz de fornecer todo o nitrogênio que as elevadas produtividades de soja necessitam.

O gráfico ao lado mostra o aumento da produção de inoculantes pelas empresas da ANPPII, indicando um crescimento quase linear, de 2009 a 2018.

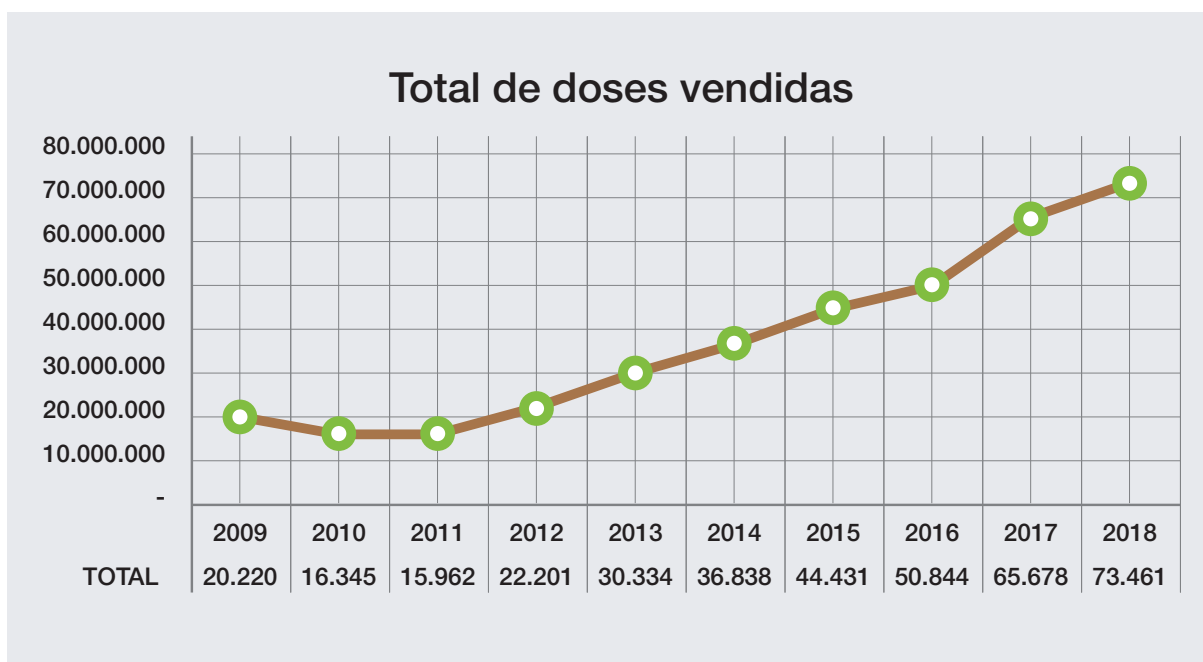


Gráfico mostra a venda de inoculantes pelas empresas associadas da ANPII

O inoculante para gramíneas foi lançado em 2009, mas passou a entrar para as estatísticas a partir de 2012. Seu crescimento inicial foi lento, mas, a partir de 2013, com a recomendação da coinoculação, em conjunto com o *Bradyrhizobium*, seu uso foi de um crescimento contínuo.

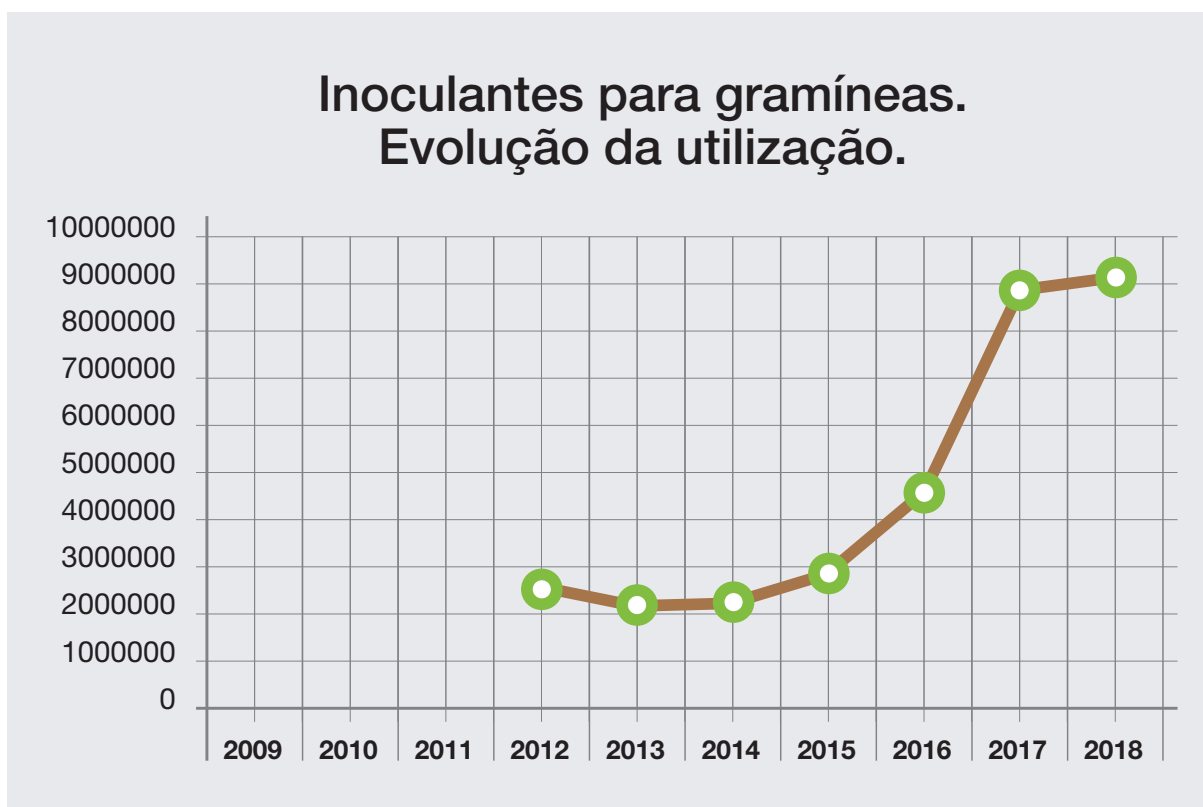


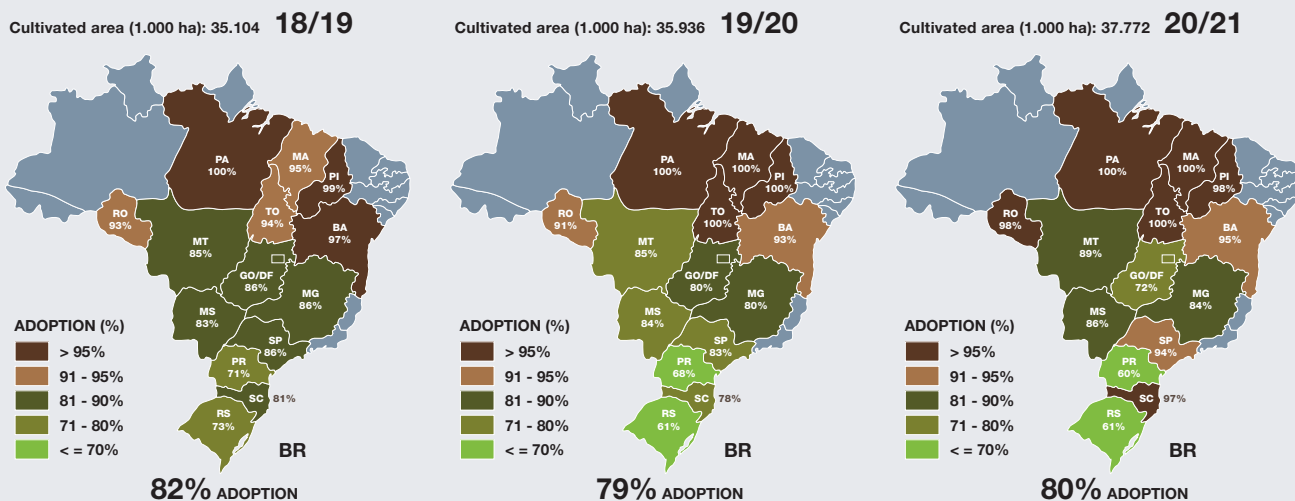
Gráfico mostra a evolução do uso de inoculantes para gramíneas pelas empresas associadas da ANPII

Há poucos anos tínhamos uma ideia do consumo de inoculantes no Brasil, mas a pesquisa abrangia somente as empresas associadas à ANPII. Com o passar do tempo, notava-se que as distorções entre os dados apresentados e os percebidos pelo mercado iam ficando menos coerentes, bem como faltavam informações sobre outros aspectos, como distribuição por estado, tipos de utilização e outras, que muito poderiam contribuir para um melhor entendimento do consumo do produto no Brasil.

Visando suprir esta falta, a ANPII contratou os serviços da Spark Smarter Decisions (<http://spark-ie.com.br>) para, a partir de 2018, fazer pesquisas sobre o uso de inoculantes no Brasil.

A pesquisa, feita nos melhores métodos científicos, apresentando uma confiabilidade de 95%, abrangendo todas as regiões de soja no Brasil e entrevistando presencialmente milhares de agricultores, trouxe um quadro muito real do uso de inoculantes no país.

Adoption by states (% of area) Total inoculants | Soybean 20/21



Fonte: Spark Consultoria Agrícola

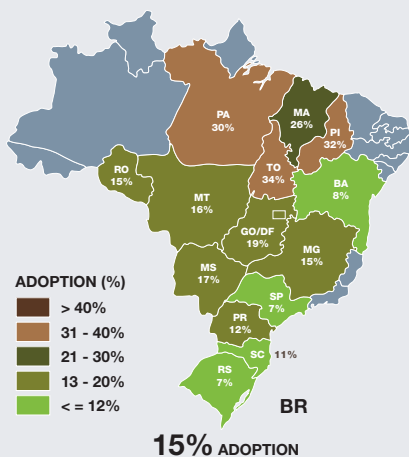
Analisando-se os dados expostos nos mapas, diversas conclusões podem ser tiradas:

- O uso anual de inoculantes cristalizou-se na faixa dos 80%, mostrando que ainda existe uma fatia importante de agricultores que deixam de usar o inoculante anualmente, não usufruindo dos benefícios propiciados pelo produto.
- Há uma grande diferença de utilização entre estados. Mais uma vez nota-se que os estados do Centro-Oeste mantêm uma taxa de utilização bem maior que os do Sul.
- Um paradoxo: o Rio Grande do Sul foi o berço do inoculante no país, onde foram selecionadas as primeiras estirpes para soja e onde foi fundada a primeira fábrica de inoculantes. E é o segundo estado onde menos se utiliza inoculantes, apenas 61%. O Paraná, por sua vez, é onde encontra o Embrapa Soja, um dos mais respeitados centros de pesquisa em FBN do mundo. E na safra 20/21 teve o menor índice de utilização de inoculantes. Excelente material para um estudo mais profundo. A seguir vamos ver o mercado para a coinoculação.

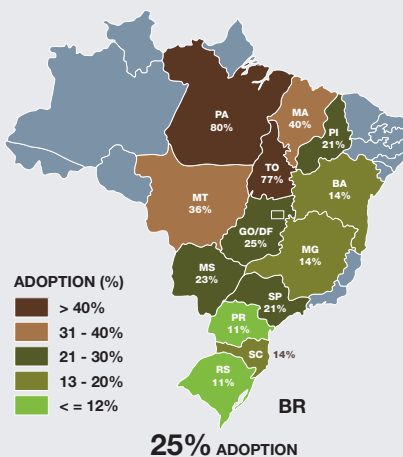
Adoption by states (% of area)

Co-inoculation (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) | Soybean 20/21

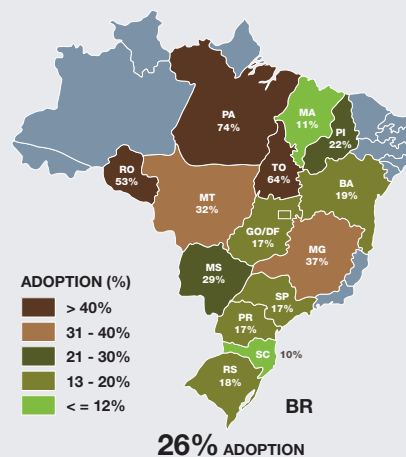
Cultivated area (1.000 ha): 35.104 **18/19**



Cultivated area (1.000 ha): 35.936 **19/20**



Cultivated area (1.000 ha): 37.772 **20/21**



Fonte: Spark Consultoria Agrícola

Lançada em 2013 pela Embrapa Soja, a técnica da coinoculação teve uma rápida aceitação por parte do agricultor. Na safra 18/19 já abrangia 15% dos sojicultores brasileiros, o que, em um universo de 35 milhões de hectares, representa 4,28 milhões de hectares coinoculados. No ano seguinte já pulou para 25% de 36 milhões de hectares, ou seja, quase 7 milhões de hectares se beneficiando da nova tecnologia. No ano seguinte o número se manteve quase no mesmo patamar.

As projeções indicam que na safra 21/22 o número deve ter aumentado, mas no momento da redação do livro os dados ainda não estavam disponíveis.

Se olharmos como um todo, vemos um amplo mercado, e ainda crescente, para os inoculantes no Brasil. Na soja já está consolidado, com alguns nichos ainda necessitando de uma maior atenção para que os agricultores possam vir a se beneficiar da fixação biológica.

Mas não é pouca coisa termos 40 milhões de hectares de uma cultura com grãos altamente proteicos utilizando uma quantidade irrisória de fertilizantes nitrogenados e suprimindo todo o restante deste nutriente com uma tecnologia altamente sustentável e que propicia todo o N necessário para a cultura.

E o mercado só tende a se manter aberto para novos inoculantes, seja no aperfeiçoamento ainda maior da FBN, seja nas novas vertentes que os atuais estudos da microbiologia do solo nos proporcionam. E não podemos deixar de falar no feijão: por muitos anos julgava-se que o feijoeiro nunca poderia se beneficiar amplamente da FBN como única fonte de nitrogênio. Mas a pesquisa já encontrou os caminhos para isso. Temos cepas e tecnologia de produção que permitem elevadas produtividades do feijoeiro com o uso de inoculantes. É um grande mercado que se abre.

O país tem conhecimento internalizado, tem estrutura de pesquisa, tem um parque industrial moderno e dinâmico e um amplo mercado que responde rapidamente às inovações. Tudo indicando que investimentos nesta área terão retornos compensadores.

Com toda a certeza, a linha do horizonte ainda está muito além de nossa visão. Há muito que navegar.



Nódulo em raiz de feijoeiro

Foto: Ana Lucia Ferreira (Portal Embrapa)

Como o Brasil se tornou líder mundial no uso de inoculantes

O agronegócio cresceu enormemente no Brasil durante os últimos anos, tornando-se um dos pontos-chave no desenvolvimento do país. De todas as atividades econômicas, é a que menos tem sofrido os efeitos das crises, colocando o segmento como uma das alavancas da economia nacional. A geração de novas tecnologias e sua pronta adoção pelos agricultores fizeram com que a atividade agropecuária tornasse o Brasil um dos líderes mundiais na produção de alimentos. O segmento não somente supre as necessidades alimentares do país, como exporta alimentos para todos os continentes.

Entre as tecnologias que contribuem fortemente para esta liderança, o uso da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) para o fornecimento de nitrogênio às leguminosas constitui-se em uma das mais importantes. Se pensarmos em 33 milhões de hectares de soja, com necessidade de 300 kg de N por hectare, poderemos ver a grandeza da importância do uso da FBN no provimento deste nutriente. Os ganhos que o uso de inoculantes, os produtos que provêm o nitrogênio biológico para as plantas, trazem para toda a cadeia são enormes e já bem conhecidos: economia de bilhões de dólares para o país, pela menor importação de fertilizantes nitrogenados; uso de um insumo dez vezes mais barato; enormes ganhos ambientais pelo uso de um produto natural em cuja produção não há emissão significativa de gases de efeito estufa e pela não poluição de cursos d'água e lençóis freáticos.

Hoje o Brasil produz anualmente mais de 50 milhões de doses de inoculantes, um recorde mundial, com um expressivo crescimento nos últimos anos. Isso significa a adoção plena da tecnologia por parte dos agricultores brasileiros, sempre atentos a técnicas que tragam maior rentabilidade em suas lavouras. Mas quais foram os passos para que esta tecnologia se implantasse de forma tão consistente? Claro que foi fruto de muito trabalho de diversos setores da sociedade, que se mobilizaram em torno de um eixo comum: fazer da fixação de nitrogênio uma técnica-chave para a produção de leguminosas, despontando, no caso, a soja. Pesquisa, fiscalização, extensão, empresas e agricultores trabalharam e trabalham em conjunto para aprimorar cada vez mais o uso da Fixação Biológica de Nitrogênio, visando não só a sua eficácia no aporte do nutriente, mas na forma de uso, tornando-a cada vez mais compatível com as modernas práticas agrícolas.

Os dois grandes pesquisadores que deram início à seleção de cepas de bactérias fixadoras, J. R. Jardim Freire e Johanna Döbereiner, lançaram as bases de um amplo programa, imediatamente adotado pela então Comissão Nacional da Soja como um dos pilares do desenvolvimento da cultura no Brasil. A partir daí, com a criação da RELARE, fórum de discussões e criação de balizadores para a atividade, a FBN passou a se desenvolver de forma orgânica. Em um mesmo fórum traçam-se as grandes linhas da pesquisa, da legislação, dos parâmetros de qualidade. São criados protocolos para análise de produtos e de formas de aplicação. Os agricultores, por sua vez, trazem sugestões para facilitar o uso do produto, usar com mais eficácia os inoculantes no campo. Neste contexto as empresas produtoras de inoculantes associadas da ANPII, partícipes destas discussões, aprimoram cada vez mais seus produtos, entregando aos agricultores inoculantes com cepas selecionadas, padrões de qualidade sempre atualizados e formas de uso em consonância com as necessidades do agricultor. Por tudo isso, principalmente pela interação entre todos os agentes da cadeia da FBN, esta tecnologia assumiu tal importância no cenário do agronegócio brasileiro e se consolidou como um dos marcos da produção de leguminosas no Brasil.



CAPÍTULO 3

OS NOVOS INOCULANTES

O conceito de inoculante, antes restrito aos fixadores simbióticos de nitrogênio, expandiu-se para uma categoria chamada de promotores de crescimento ou, de forma mais geral, de bioestimulantes

Desde que escrevi o livro anterior, novos inoculantes foram introduzidos no mercado. Hoje já temos à disposição dos agricultores outros produtos à base de microrganismos, além daqueles para fixação do nitrogênio. Até 2009, havia inoculantes somente para leguminosas. Naquele ano foi registrado o primeiro produto biológico para fixação de nitrogênio em gramíneas. No ano de 2020, havia 321 produtos registrados no MAPA como inoculantes, entre os tradicionais para leguminosas, os mais novos para gramíneas e os novíssimos para promoção de crescimento. O conceito de inoculante, antes restrito aos fixadores simbióticos de nitrogênio, expandiu-se para uma categoria chamada de promotores de crescimento ou, de forma mais geral, de bioestimulantes. Não está bem caracterizado o que seja um organismo “promotor de crescimento”. Pode promover o desenvolvimento de plantas pela produção de hormônios que propiciam um aumento no sistema radicular, com isso absorvendo mais água e nutrientes; pela disponibilização de nutrientes, pela proteção contra um patógeno, pela indução de resistência sistêmica ou por fenômenos ainda desconhecidos. Cada vez se estuda mais a interação raiz-microrganismo, e sabe-se mais e mais que há uma expressiva produção de hormônios, enzimas, diversos produtos químicos, quelantes, sideróforos, e substâncias ainda a serem descobertas, produzidas pelo microbioma do solo. O estudo deste enorme e complexo universo está trazendo cada vez mais luzes e permitindo que, a partir de fenômenos naturais, desenvolvam-se tecnologias que permitam utilizar, ou incrementar, esses fenômenos em diversas situações da agricultura.

É importante repararmos nos relatos a seguir de que a maioria de novos produtos nesta área de biológicos foi desenvolvida no sistema de parceria público-privada, mostrando que este sistema está se consagrando como uma boa estratégia de desenvolvimento, juntando o conhecimento científico existente nas entidades de pesquisa com a expertise em formulações e “scale up”, e a comercialização nas empresas privadas. Neste livro trataremos este assunto em um capítulo próprio.

Bacillus

Os insumos com diversas espécies de *Bacillus* (*thuringiensis*, *subtilis*, *amyloliquefaciens*, *megaterium*, *pumilus*, *licheniformis*, *firmus* e outros) ocupam um lugar especial no rol de novos inoculantes. São “a bola da vez”. Sendo o grupo dos *Bacillus* formado por microrganismos multifuncionais, e de fácil multiplicação em indústrias bem equipadas, foram desenvolvidos diversos produtos, quase todos registrados como inoculantes promotores de crescimento. Os bacilos, conforme sua espécie e suas cepas, podem promover o crescimento de plantas, disponibilizar o fósforo retido no solo, proteger as raízes contra determinados patógenos, atuar na redução de nematoides. Sendo, também, microrganismos esporulados, permitem produzir inoculantes com um maior tempo de vida útil, possibilitando um armazenamento com maior tempo, o que, em país do tamanho do Brasil, é uma vantagem.

Nos últimos anos diversos produtos à base dessas bactérias foram registrados e estão disponíveis no mercado brasileiro, com diversos posicionamentos por parte dos fabricantes, e, com certeza, muitos outros surgirão.

Sem dúvida são produtos que, embora ainda não no rol dos “obrigatórios”, constituem-se em ferramentas valiosas que estão contribuindo para a agricultura de menor impacto ambiental, mas ainda há muito o que se desenvolver em posicionamento, em evolução de formulações, em caracterização de cepas.

Inoculante para cana-de-açúcar



Dra. Veronica Massena Reis
Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia

Contar esta história que faz parte de uma vida sempre me dá um grande prazer.

Para começar eu recebi um legado de vida. Fui aluna de uma grande mestra e de uma equipe coesa, com foco na microbiologia e no desenvolvimento rural. Eu faço parte de uma história de êxito e pioneira no Brasil, um exemplo para a nossa América Latina e hoje vista pelo mundo afora.

O inoculante de cana-de-açúcar é uma realidade apoiada na pesquisa iniciada em 1950 com a descoberta de uma espécie, a *Beijerinckia fluminensis*. Desde lá vieram muitas outras, até chegarmos hoje ao *Nitrospirillum amazonense*. Quem está por trás de tudo isso é uma coleção de bactérias fixadoras de nitrogênio localizada no km 47 (hoje BR-465, km 7) em Seropédica, Rio de Janeiro, chamada CRB-Johanna Döbereiner. A coleção é a base da pesquisa sobre insumos biológicos que nos permite separar novos isolados de amostras de planta, por exemplo, para observar suas características benéficas, catalogar, identificar e testar exaustivamente para fins de recomendação agrônômica. Nestes últimos 15 anos, e baseados em estudos prévios do próprio grupo da Embrapa Agrobiologia, nós temos no mercado o Aprinza, nome comercial de um produto com todas as fases de pesquisa finalizadas e registrado no MAPA. Fruto de uma rede física, de parcerias nacionais e internacionais, que a própria Johanna Döbereiner iniciou e que nós, pesquisadores da Embrapa Agrobiologia, representados aqui pelo “Laboratório de Gramíneas”, onde passo minhas horas de pesquisa, deixamos como história para que os mais jovens continuem. Mas quem é a estrela desta vez? Chama-se *Nitrospirillum amazonense*: trata-se de bactéria fixadora de nitrogênio que veio de solo brasileiro e foi selecionada para aplicação no cultivo de cana-de-açúcar. Ela fixa o nitrogênio e produz reguladores de crescimento que estimulam o enraizamento. Esse efeito é muito nítido, e é possível ver que enraíza mais rápido. Ver para crer. Isso o produtor precisa ver: que, mesmo sem a formação dos nódulos radiculares, a planta realmente cresce mais rápido.

Mas seu benefício está baseado em premissas de seleção:

1^a) fixar nitrogênio atmosférico pela presença do complexo enzimático denominado nitrogenase; 2^a) produzir diferentes compostos oriundos de seu metabolismo que promovam crescimento capaz de ser mensurado; 3^a) ser inofensiva às plantas, ao homem, a animais e ao ambiente: e por fim produzir mais cana/hectare, mais açúcar/hectare ou reduzir gastos na lavoura. Isso, sim, é o alcance de nosso principal objetivo – o produtor rural.

Esta é a nossa história.

A cana-de-açúcar sempre foi considerada um bom “alvo” para fixadores de nitrogênio, por utilizar relativamente poucos agroquímicos, por ter grande necessidade de nitrogênio e pela área cultivada e importância, tanto para uso interno como para a exportação dos produtos dela obtidos.

A dra. Johanna Döbereiner já havia identificado bactérias do gênero *Beijerinckia* na rizosfera de cana, tendo, inclusive, identificado uma nova espécie, *B. fluminensis*. Mais tarde essa espécie foi renomeada como *B. dobereineriae*, em homenagem à pesquisadora.

A bactéria fixadora de nitrogênio *Gluconacetobacter diazotrophicus* é uma bactéria presente em praticamente todos os cultivos de cana, de forma nativa. Inicialmente houve tentativas de produzir essa bactéria como inoculante, mas, talvez por sua abundância natural, os resultados não foram animadores.

Mais tarde, seguindo a mesma linha de pesquisa, a Embrapa Agrobiologia desenvolveu um inoculante para essa cultura, composto por cinco diferentes bactérias. Após um maior refinamento da pesquisa, foi desenvolvido, em conjunto com uma empresa privada, o produto à base de *Nitrospirillum amazonense* (antigo *Azospirillum amazonense*).

Essa bactéria, além de ser fixadora de nitrogênio, não tem isso como principal função. Sendo uma eficiente produtora de hormônios, propicia um sistema radicular mais amplo, com exploração de um maior volume de solo, com conseqüente maior absorção de água e nutrientes. Isso promove um crescimento mais rápido da planta. Os resultados experimentais e em lavouras vêm demonstrando significativos aumentos de produtividade.

Como toda a nova tecnologia, esta também é um caminho sem volta. Uma vez posta em prática, passa a ser adotada, novos produtos surgem na mesma linha e a concorrência leva o produto a um maior nível de aceitação. Temos certeza de que, dentro de pouco tempo, a cana-de-açúcar estará se beneficiando, largamente, da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN).

Um primeiro inoculante para solubilização de fósforo (prefiro o termo “disponibilização de fósforo”; parece-me que amplia o escopo do produto), como falamos anteriormente, já se encontra no mercado, trazendo ganhos para o agricultor.



Inoculante para solubilização de fósforo

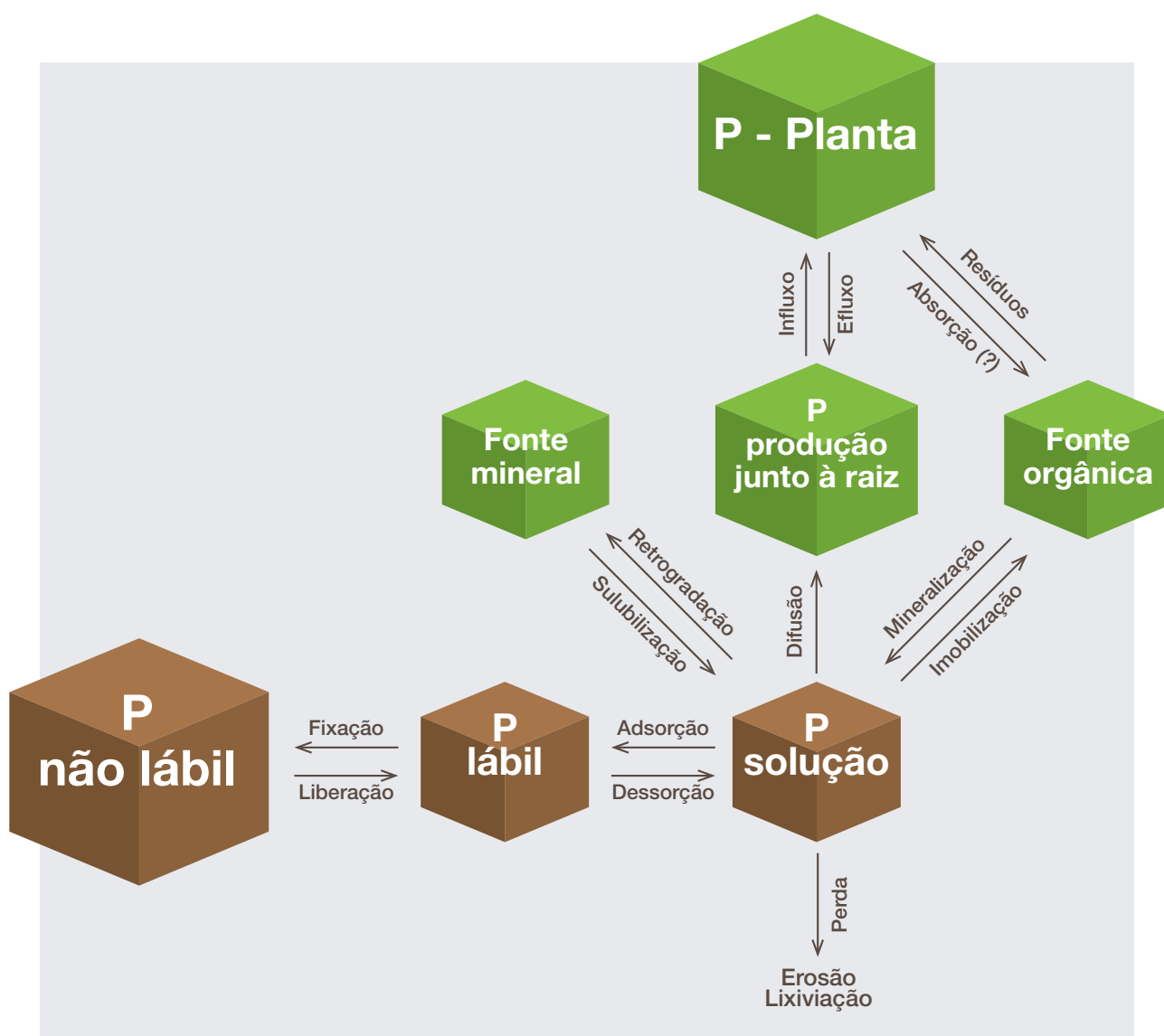


Dra. Christiane Abreu de Oliveira Paiva
Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo

Em 2019, foi lançado, no mercado brasileiro, o primeiro inoculante nacional contendo microrganismos solubilizadores de fosfato, para o aumento da absorção deste elemento pela cultura do milho e atualmente para a soja e a cana-de-açúcar. O fósforo, elemento vital para o desenvolvimento das plantas e de alto custo para o produtor, é pouco disponível no solo brasileiro e os fertilizantes são, em sua maior quantidade, importados. A equipe da Embrapa pesquisou e selecionou microrganismos solubilizadores de fosfato com início em 2002. Inicialmente foram conduzidas ações voltadas para o isolamento de cepas eficientes para solubilização de fosfato, re-

alizando-se a caracterização morfológica e molecular, e testes em casa de vegetação e campo. Foram selecionadas duas estirpes para indicação no MAPA e composição do inoculante comercial, *Bacillus megaterium* (CNPMS B119), isolada da rizosfera de milho, com capacidade para solubilizar fosfatos de cálcio e produzir fosfatase, e a estirpe de *B. subtilis* (CNPMS B2084), endofítica, que solubiliza fosfato de cálcio e ferro e apresenta alta produção de ácido glucônico e da enzima fitase. Essas duas estirpes foram isoladas de áreas agrícolas no país, onde prevalece o cultivo de cereais, e também possuem propriedades de promoção de crescimento, estimulando o aumento da superfície radicular, especialmente de raízes mais finas, além da produção de biofilme. Em geral, os ganhos de produtividade com o inoculante estão em torno de 11 sacas para o milho e 5,5 para a soja, considerando as principais regiões agrícolas do país. Esta solução biológica pode reduzir a forte dependência de importação de fertilizantes fosfatados, que, além de elevar os custos de produção, deixa a agricultura vulnerável às oscilações do mercado externo, reduzindo a competitividade do agronegócio brasileiro, interna e externamente.

O fósforo é um dos nutrientes mais pesquisados na agricultura, em especial no Brasil. Os solos brasileiros em geral são pobres em fósforo, principalmente no Cerrado. Isso sempre exigiu que se usassem, ano após ano, grandes quantidades de fertilizantes à base de fósforo. Mas, se formos confrontar o que se usa de fósforo em relação à necessidade das plantas, veremos que se coloca no solo uma quantidade maior que a necessária. Isso porque, pelas características químicas dos solos, uma parcela significativa do nutriente aportado é transformada em formas inaproveitáveis pelas raízes, ficando imobilizado em formas insolúveis, pela combinação com ferro, Mn e outros elementos químicos, e outra parcela fica temporariamente também imobilizada pela matéria orgânica.



Fonte: adaptado de Novaes et al. (2007); apud Bianca de Almeida Machado, Agroadvance

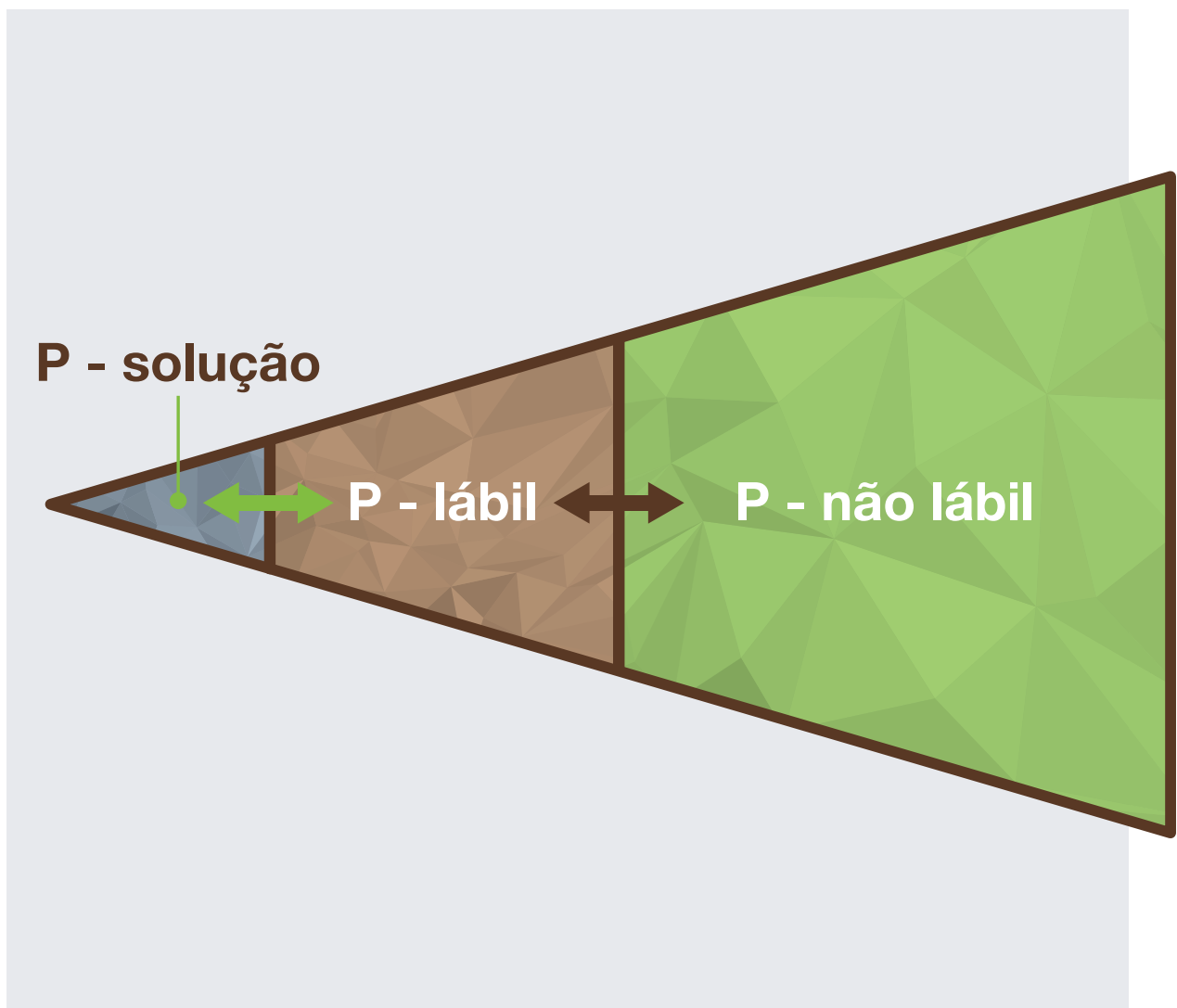
“Embora o teor total de P nos solos varie entre 200 e 3.000 mg kg⁻¹, menos de 0,1% deste total costuma se encontrar disponível para a absorção pelas plantas.”

Fonte: Novaes et al. (2007).

“90 a 95% do fósforo do solo encontra-se em formas não disponíveis.”

Fonte: prof. Paulo Sérgio Pavinato – Apresentação: Dinâmica do P no solo.

Dessa forma, um dos grandes desafios da agricultura é tornar maiores quantidades de P disponíveis para as plantas, isto é, *P solução* (quadro a seguir), deslocando-se a reação para o lado esquerdo da equação.



Fonte: adaptado de prof. Paulo Sérgio Pavinato – Apresentação: Dinâmica do P no solo

Pode-se fazer isso pelo uso de quantidades de fertilizantes bem superiores às necessidades das plantas, o que incorre em aumento de custos; usar diversas formas de fertilizantes fosfatados ou usar dos recursos biológicos.

Os microrganismos atuam de forma decisiva na disponibilização do fósforo, seja pela exsudação de ácidos orgânicos e enzimas que solubilizam os sais de fósforo, seja como provedor de prótons em reações bioquímicas. Há muitos anos diversos fungos e bactérias vêm sendo testados como transformadores de fósforo não lábil em formas solúveis prontamente absorvíveis pelas raízes. Sabe-se hoje que dezenas de microrganismos possuem a função solubilizadora de P no solo. Isso sem falar nas micorrizas, que merecem um tratamento à parte.

Bactérias do gênero *Bacillus*, em especial *B. megaterium* e *B. subtilis*, foram testadas, em laboratório e em campo, mas com resultados nem sempre consistentes, o que impediu até poucos anos o registro de produtos. *Pseudomonas* também mostrou efeitos bem pronunciados para disponibilizar fósforo, existindo até alguns produtos registrados na Argentina para tal finalidade. Alguns fungos também foram testados, entre eles o *Penicillium janthinellum*, que inclusive é usado em um produto na Colômbia. Assim, o universo de microrganismos é, digamos, infinito. Mas, então, quais as razões para termos demorado tanto a obter produtos para esta finalidade? É que existe uma diferença muito grande entre se verificar uma capacidade solubilizadora em placas de Petri e transformar isso em um produto. Há de se desenvolver uma formulação adequada, que permita um produto com tempo de prateleira coadunado com o calendário agrícola; uma formulação que também seja “amigável” com as demais práticas agrícolas; chegar à dosagem ideal, que aporte uma quantidade de microrganismos suficiente para competir com os demais organismos do solo; que seja compatível com os demais produtos químicos utilizados nas lavouras.

Mas, finalmente, temos hoje produtos já registrados no MAPA para esta finalidade. Um deles, dentro da tradição de novos produtos biológicos, foi desenvolvido em parceria entre uma entidade de pesquisa (Embrapa Milho e Sorgo) e uma empresa privada.



[/tinyurl.com/mr35uh37](https://tinyurl.com/mr35uh37)

Os resultados de campo são altamente estimulantes, trazendo aumentos no rendimento

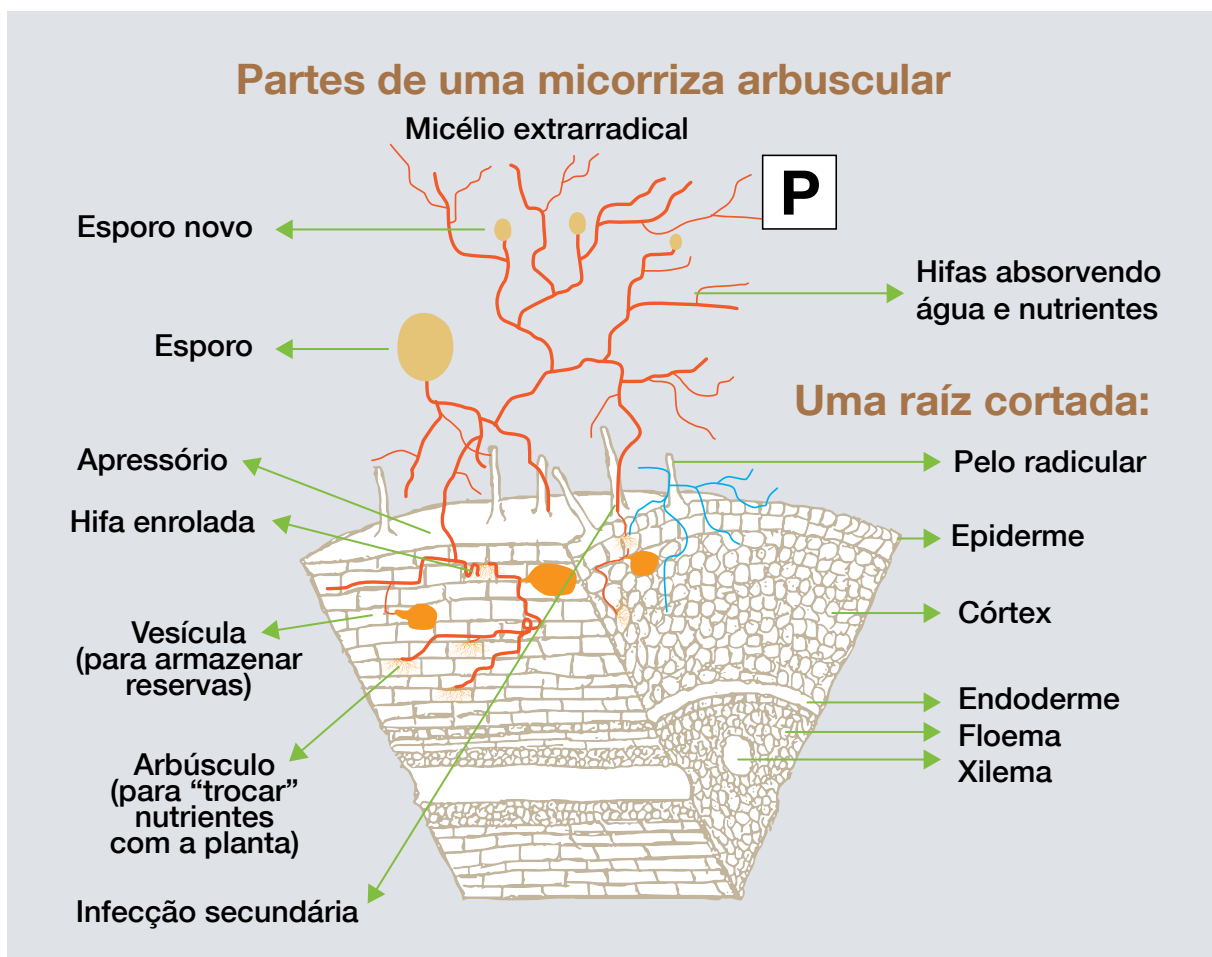
As micorrizas

Franck, em 1885, utilizou pela primeira vez o termo *micorriza* para designar os fungos que vivem nas raízes das plantas, sem causar danos. Ao longo do tempo esta associação é uma das mais estudadas na microbiologia do solo. Praticamente todas as plantas formam micorrizas com diversos tipos de fungos.

Existem três tipos de micorrizas: *ectomicorrizas*, nas quais a penetração do fungo é intercelular e formam uma manta em torno das raízes. Ocorrem principalmente em coníferas. As *ectoendomicorrizas*, nas quais o fungo penetra tanto por meio inter como extracelular, e também formam o manto nas raízes; e as *endomicorrizas*, onde a penetração é somente intracelular. Neste grupo se encontram as Micorrizas Vesículo-Arbusculares, (MVA), presentes na maioria das plantas.

As micorrizas são pesquisadas há muitos anos em todo o mundo. As ectomicorrizas, principalmente para coníferas, já foram comercializadas em diversas ocasiões. Quando foram plantadas grandes áreas de pinus, em especial no Paraná e em Santa Catarina, na década de 70 do século 20, visando produzir matéria-prima para a indústria de papel, chegou a haver uma produção comercial desse tipo de micorriza, na empresa Turfal (hoje Novozymes), da qual o autor deste livro participou.

A grande busca é para a MVA, mas esta se depara com um forte estrangulamento: os fungos só crescem sobre substratos vivos, não se desenvolvendo em meios artificiais. Poucas dessas pesquisas lograram sucesso, em razão das dificuldades operacionais. Mas, sem dúvida, as micorrizas desempenham um papel fundamental na agricultura mundial.



No Brasil diversas universidades vêm desenvolvendo pesquisas, destacando-se a UFPA, a UFSC, a UDESC e as Embrapa Cerrado e Embrapa Milho e Sorgo. Sabe-se claramente de diversas funções que estes fungos simbióticos exercem na nutrição das plantas. As hifas, como que alongam o sistema radicular, exploram um maior volume de solo, absorvendo mais água e nutrientes. Também têm uma marcada ação na solubilização do fósforo, ação esta de grande importância como vimos anteriormente, em texto específico sobre este nutriente. Há indícios, também, de que as micorrizas exercem papel importante no sistema de defesa das plantas contra patógenos.

Há cerca de cinco anos foi registrado o primeiro inoculante à base de fungos micorrízicos arbusculares. É um produto importado, tendo sido testado em campo no Brasil por universidades, dentro dos protocolos do MAPA, obtendo o registro por haver mostrado eficiência agrônômica. Como os trabalhos de campo têm demonstrado resultados muito bons, é provável que novos produtos surjam no país, entrando no cotidiano da agricultura brasileira.



Olhando tudo isso, pode-se ver a enorme evolução que ocorreu no campo dos inoculantes nos últimos anos. Por cerca de 50 anos a palavra “inoculante” remetia a leguminosas e ao grupo dos rizóbios. Hoje temos uma vasta lista de microrganismos, com diversas funções em praticamente todos os cultivos, com possibilidade de oferecer ao agricultor produtos agronomicamente testados, com efeitos comprovados no aumento da produtividade em função de disponibilização de nutrientes, do aumento do sistema radicular, plantas com crescimento mais rápido, desenvolvimento de resistência às doenças, tudo isso contribuindo para um ambiente mais saudável.

Inoculante à base de *Bacillus aryabhatai* para mitigação do estresse hídrico



Dr. Itamar Soares de Melo
Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente

A seca é um dos fenômenos que mais limitam a produtividade agrícola. Em escala global, estima-se que o uso da água no setor agrícola responda por cerca de 80% das derivações de água. O manejo adequado do microbioma de plantas tolerantes é uma abordagem bem-sucedida para melhorar a tolerância à seca de culturas agrícolas. Rizobactérias osmotolerantes envolvidas na produção de exopolissacarídeos e osmólitos, compatíveis e competitivos com a microbiota nativa do solo, foram isoladas de plantas da Caatinga. Nesse bioma há uma variedade de plantas vasculares que se adaptaram a sobreviver em condições extremas. Entretanto, nenhuma espécie de

planta é um organismo autônomo, tendo uma gama de comunidade microbiana associada que garante sua existência no planeta. Em especial, uma bactéria identificada como *Bacillus aryabhatai* foi capaz de promover o crescimento de plantas, sob estresse hídrico, por produzir hormônios de crescimento e osmólitos compatíveis. Essa bactéria tem aumentado a produtividade de milho, soja e trigo em regiões com baixa precipitação. Ademais, a aplicação desse inoculante tem reduzido tremendamente o uso da água, reduzindo o número de irrigações. Ficou demonstrado também que essa bactéria, quando inoculada em plantas sob estresse hídrico, induz a planta a produzir enzimas antioxidantes, o que confere maior tolerância por reduzir os efeitos dos radicais livres. O genoma dessa bactéria foi sequenciado, cujo tamanho desse genoma corresponde a 3.656, 253 pb, e demonstrando possuir 126 genes envolvidos em respostas a diversos estresses como estresse hídrico, radiação ultravioleta e salinidade, e seis genes relacionados à biossíntese de auxina, que podem estar envolvidos na promoção de crescimento e proteção contra os efeitos adversos da seca. A bactéria foi registrada com o nome AURAS para uso na cultura do milho.

Esforços também têm sido empregados em compreender a dinâmica da comunidade microbiana em solo e rizosfera de plantas extremófilas, em resposta aos períodos sazonais de seca e chuva do bioma Caatinga.



CAPÍTULO 4

A COINOCULAÇÃO

A técnica da coinoculação está no começo. O uso em conjunto de dois ou mais microrganismos é um campo de tamanho incalculável

A coinoculação



Dra. Mariangela Hungria
Pesquisadora da Embrapa Soja

milho e do trigo, que sucediam a soja. Pesquisas resultaram no lançamento de estirpes de *Azospirillum brasilense* para gramíneas, em 2004, e do primeiro produto comercial em 2009. Interessante é que, a seguir, foram os agricultores que alertaram a pesquisa, relatando efeitos residuais do *Azospirillum* na cultura da soja. Pesquisas conduzidas pela Embrapa Soja confirmaram que, com a associação de *Bradyrhizobium* spp. e *A. brasilense*, o incremento no rendimento da soja atingia 16% e a tecnologia da coinoculação foi lançada em 2013. Os dois microrganismos são compatíveis e os processos microbianos complementares: o principal benefício de *A. brasilense* resulta da síntese de fitormônios, favorecendo o crescimento das raízes e a absorção de água e nutrientes, ao passo que o de *Bradyrhizobium* reside na Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Surpreendentemente, em apenas cinco anos a tecnologia já era adotada em um quarto da área cultivada com soja. Novas histórias de sucesso são esperadas para os próximos anos, mas dependem do fortalecimento cada vez mais estreito do tripé pesquisa-indústria-legislação, sempre alimentado pelos agricultores.

A posição de liderança mundial do Brasil em benefícios pelo uso de inoculantes microbianos resulta de muito trabalho e parcerias no tripé pesquisa-indústria-legislação, alimentado pelas demandas dos agricultores. O mais recente caso de sucesso é o da coinoculação da soja, mas a trajetória foi longa. Começou na década de 1990, com ensaios liderados pela Embrapa Soja, que comprovaram incrementos médios de 8% no rendimento da soja pela inoculação anual com *Bradyrhizobium* spp. Simultaneamente, houve o fortalecimento da legislação e a modernização do parque industrial. Satisfeitos, os agricultores mandaram pesquisas para as culturas do

Durante muitos anos trabalhou-se com microrganismos isolados para sua utilização na agricultura. Mas na natureza sabemos que isso não ocorre. Há uma enorme interação entre microrganismos, seja com sinergia ou competição. Embora a literatura já citasse há alguns anos uma atuação sinérgica entre *Rhizobium/Bradyrhizobium* com *Azospirillum*, este conhecimento só veio a se incorporar à agricultura a partir de 2013. O inoculante à base de *Azospirillum*, lançado no Brasil em 2009, vinha cumprindo as funções para as quais havia sido concebido inicialmente: para emprego como moderado fixador de nitrogênio e estimulador de crescimento em gramíneas. Houve, inicialmente, uma aceitação moderada do produto. Por não fixar quantidades significativas, sob o ponto de vista agrícola, de nitrogênio, perdeu um pouco de seu impacto inicial. Mas, no momento em que foi divulgado o papel da bactéria no maior crescimento radicular e no desenvolvimento mais rápido das plantas, houve uma maior procura, com o uso aumentando principalmente em milho e trigo.

Resultados de pesquisas têm demonstrado aumentos de produtividade em milho, arroz e braquiárias, com várias empresas lançando produtos para estas gramíneas. Com grande influência no crescimento mais rápido das plantas, em razão dos hormônios produzidos pela bactéria, bem como de um sistema radicular mais robusto, também decorrente dos hormônios, além de uma fixação de nitrogênio que, embora baixa, serve como fonte complementar de N durante todo o ciclo.

Mas o *Azospirillum* é uma bactéria meio “coringa”, com inúmeras funções: além de fixar o nitrogênio e aumentar o sistema radicular, tem outras ações, como proteção em moderadas situações de estresse hídrico, antagonismo a microrganismos causadores de doenças, solubilização de fósforo e mais algumas que vão sendo descobertas quanto mais se trabalha com esta bactéria.

Mas foi no uso em soja, em mistura com o *Bradyrhizobium*, que o *Azospirillum* encontrou seu grande mercado. Se a simples inoculação com a bactéria específica já mostrava significativos aumentos na produtividade, a mistura dos dois inoculantes, *Bradyrhizobium* + *Azospirillum*, trouxe mais um respeitável aumento na rentabilidade para o agricultor brasileiro.

Após algum tempo de trabalho, os pesquisadores da Embrapa Soja verificaram um efeito sinérgico entre o *Rhizobium/Bradyrhizobium* e o *Azospirillum*. O uso concomitante das duas bactérias, *Azospirillum* + *Bradyrhizobium* na soja e *Azospirillum* + *Rhizobium* no feijoeiro, apresenta diversos benefícios: mais nódulos, nodulação mais precoce, maior enraizamento e maior atividade da nitrogenase. Um maior número de nódulos, por si só, já traz um nítido aumento no aporte de nitrogênio para a planta. A nodulação mais precoce aumenta o tempo de fixação, com incremento no armazenamento de nitrogênio ao longo do ciclo. Quanto ao maior enraizamento, não é necessário discorrer muito: maior absorção de água e nutrientes por meio da exploração de um maior volume de solo e com maior número de locais para formação de nódulos. Por sua vez, uma enzima nitrogenase mais ativa, o que já foi verificado por alguns autores, aliada a um maior número de nódulos, aumenta a quantidade de nitrogênio disponível para a planta. Tudo isso somado proporciona os aumentos de produtividade que vêm sendo coerentemente obtidos em trabalhos de pesquisa e no campo.

Na foto a seguir se vê claramente o efeito do Ácido Indol Acético (AIA) na formação de pelos radiculares. Sendo que o *Azospirillum* é um microrganismo produtor deste hormônio, fica cientificamente comprovado seu efeito no maior enraizamento das plantas de um modo geral.



AIA

Fonte: Spaepen et al., 2008 (apud Cassan, Fabrício)

A tecnologia do uso conjunto das duas bactérias foi desenvolvida inicialmente em convênio da Embrapa com uma empresa, mas, em seguida, diversas outras empresas registraram seus produtos para o uso em conjunto dos dois inoculantes.

A adesão dos agricultores foi rápida. Os resultados da pesquisa eram de tal maneira convincentes que não deixavam dúvidas sobre a rentabilidade do uso das duas bactérias. Na safra 2017/2018, 15% dos plantadores de soja já utilizavam a coinoculação em suas lavouras.

Abaixo, alguns resultados obtidos em diversos trabalhos de pesquisa.

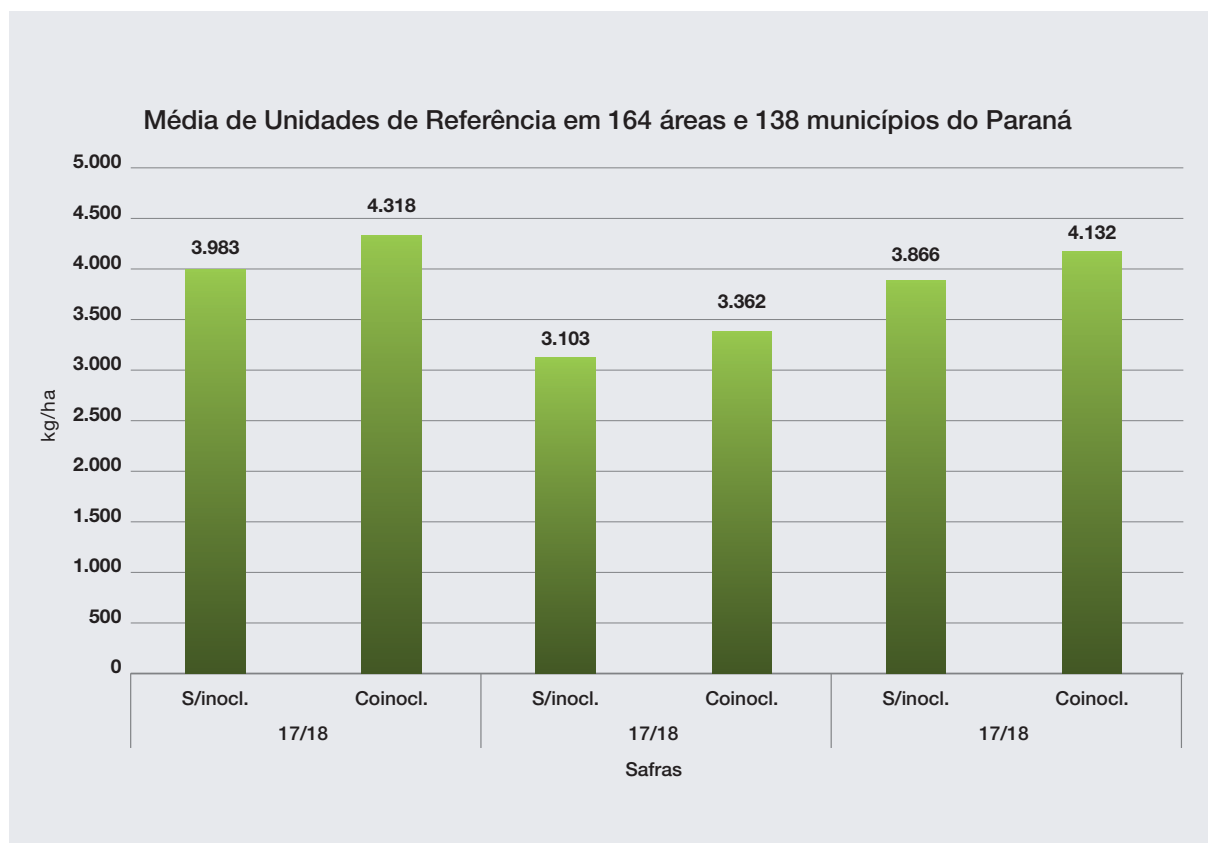
<p>Reinoculação anual com <i>Bradyrhizobium</i> +8,4%</p>	<p>Reinoculação anual com <i>Rhizobium</i> +8,3%</p>
<p>Reinoculação anual + <i>Azospirillum</i> no sulco +16,1%</p>	<p>Reinoculação anual + <i>Azospirillum</i> no sulco +19,6%</p>

Ganhos médios no rendimento de grãos de soja (média de quatro ensaios) e do feijoeiro (média de cinco ensaios) pela reinoculação anual das sementes com rizóbios e coinoculação no sulco com Azospirillum. Todos os ganhos foram estatisticamente significativos a 5%, em relação ao controle sem reinoculação.

Fonte: Hungria et al., Biology and Fertility of Soils.

Trabalho conduzido na Embrapa Arroz e Feijão mostrou que: “O melhor desempenho em áreas comerciais foi obtido pelo tratamento Rt+Ab3p (inoculação com *R. tropici* + *Azospirillum* aplicado no estágio V3/V4 – nota do autor), gerando produtividade superior a 3.200 kg/ha⁻¹ e maior rentabilidade”. (Ferreira, EPB – 2018)

Já os resultados a seguir foram obtidos em outro tipo de avaliação: parcelas instaladas em fazendas, dentro das condições reais de lavoura. Os resultados, em três safras, não deixaram dúvidas quanto ao aumento de produtividade propiciado pela coinoculação.



Adaptado de Embrapa, circulares técnicas 143, 156 e 166.

Esses campos demonstrativos foram conduzidos pela Embrapa Soja e Emater-PR, em áreas de agricultores, abrangendo um grande número de municípios, em diversas regiões edafoclimáticas, todas em áreas tradicionais de cultivo de soja, isto é, já com população de *Bradyrhizobium* estabelecida. Os resultados demonstram de forma inequívoca que a coinoculação traz resultados para o agricultor. Na média dessas 164 áreas, houve um aumento de 387 kg/ha, o que equivale a 4,8 sacas de 60 kg. Ao preço de R\$ 190,00 a saca de soja (fonte: Agrolink, 12/2/22), resulta em acréscimo de R\$ 908,00/ha. Para um investimento em torno de R\$ 50,00, nada mal.

Mas a técnica da coinoculação está no começo. O uso em conjunto de dois ou mais microrganismos é um campo de tamanho incalculável. Mapeando a microbiota do solo, é possível determinar o grau e a natureza da interação dos microrganismos entre si e com as raízes, o que permitirá selecionar microrganismos levando em conta não só a função de cada um, mas com uma previsão de como eles agiriam uma vez trabalhando em conjunto.



CAPÍTULO 5

NOVAS ABORDAGENS NA MICROBIOLOGIA DO SOLO E NAS ANÁLISES DOS INOCULANTES

A matéria orgânica passou a ser valorizada, tanto quanto à quantidade como quanto à qualidade. O solo passou a ser encarado como um organismo, a ser cuidado, tratado com carinho e respeito



Dra. Ieda de Carvalho Mendes
Pesquisadora da Embrapa Cerrados

Após 21 anos de estudos, em uma iniciativa pioneira no mundo, em julho de 2020 foi lançada a Tecnologia Embrapa de Bioanálise de Solo (BioAS), visando agregar o componente biológico nas análises químicas tradicionais de rotina de solos (pH, H+Al, P, Ca, K, Mg, etc.). A BioAS tem como base a análise da atividade das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase, associadas aos ciclos do enxofre e do carbono, respectivamente. Por estarem relacionadas ao potencial produtivo e à sustentabilidade do uso do solo, elas funcionam como bioindicadores, permitindo avaliar a saúde dos solos. As pesquisas desenvolvidas pela Embrapa permitiram estabelecer valores de referência para essas enzimas em dife-

rentes solos, de modo a avaliar o estado do funcionamento biológico do solo. Valores elevados de atividade enzimática indicam sistemas de produção e/ou práticas de manejo do solo adequadas e sustentáveis. Ao contrário, valores baixos servem de alerta ao agricultor para uma reavaliação do sistema de produção na direção da adoção de boas práticas de manejo. Com a BioAS inauguramos uma forma mais abrangente de avaliação da qualidade e saúde dos solos, indo além de questões relacionadas apenas a deficiência/excesso de nutrientes.

Novas abordagens na microbiologia do solo

Quando, no século 19 começaram os primeiros estudos em bases científicas dos microrganismos existentes no solo, já havia a preocupação de verificar quais papéis estes desempenhavam, quais as funções e as possíveis interações com o próprio solo e as plantas. “É surpreendente que, em uma época na qual se estudava ativamente as plantas, os animais, as rochas, demorou-se tanto a estudar o solo” (Pochon e Barjac – *Traité de Microbiologie des Sols*). Os mesmos autores debitam este atraso à complexidade requerida para um estudo dos solos: conhecimentos de química, de física e da biologia faziam-se necessários para começar a correlacionar e organizar todos estes conhecimentos.

O estudo dos solos, denominado então de “pedologia”, pesquisava a classificação, a origem e a composição mineral dos solos. A parte microbiológica ficou por um tempo postergada. Na segunda metade do século 19, começaram os estudos das bactérias do solo, e destacam-se os trabalhos de Winogradsky, confirmando o pensamento de Louis Pasteur, de que a nitrificação era um processo microbiológico. Na mesma época, Berthelot, Helriegel, Wilfarth e Beijerinck, tendo este isolado o *Bacillus radicolica*, primeira denominação do que hoje se conhece genericamente como o grupo dos rizóbios.

A partir daí começaram a surgir demonstrações da importância dos microrganismos

na formação e dinâmica dos solos. Mas, em razão da complexidade, e dos recursos tecnológicos ainda escassos, por muitos anos o estudo limitou-se a buscar isolamentos de bactérias e fungos, procurando-se identificar seu papel no solo.

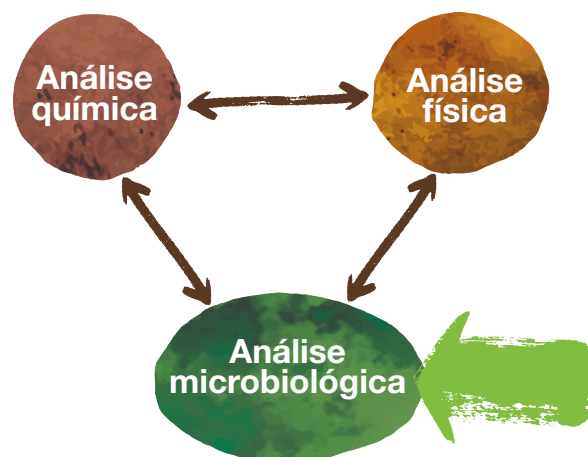
Várias tentativas começaram a busca por ligar a microbiota do solo com a fertilidade, a produtividade, a sustentabilidade. Na década de 60 do século 20 tivemos a “revolução verde”, gestada logo após a Segunda Guerra Mundial, visando acabar ou, pelo menos, diminuir a fome que grassava no mundo, com bilhões de pessoas se alimentando abaixo do mínimo necessário para uma vida saudável, digna.

A revolução verde, com Norman Borlaug à frente, era um conjunto de tecnologias voltadas para incrementar a produtividade, mesmo em solos marginais. Isso requeria cultivares próprias para ambientes que dificultavam o cultivo das cultivares mais produtivas; requeria, também, um forte combate às pragas e doenças, com novas moléculas com marcado efeito contra doenças e pragas.

O terceiro ponto era a nutrição. As áreas a serem incorporadas ao sistema produtivo eram, em geral, de baixa fertilidade natural, o que requeria o aporte de nutrientes. A calagem e adubações com NPK em larga escala, aliadas a cultivares apropriadas e defensivos mais eficazes, trouxeram parcialmente os resultados esperados. Houve um significativo aumento na produtividade da maioria das culturas, a produção mundial aumentou, os preços, pela maior oferta, diminuíram e entramos em uma era de diminuição da fome no mundo.

Parecia ter sido encontrada a fórmula para anos contínuos de elevadas produtividades. Mas problemas começaram a aparecer. As pragas começaram a exibir resistência cada vez maior às novas moléculas. Iniciou-se uma luta gigantesca, com as grandes companhias desenvolvendo a cada dia defensivos mais eficazes, mas que, em poucos anos, já se tornavam ineficazes. As adubações, cada vez mais pesadas, requeriam uma logística internacional, com os países produtores enviando milhões de toneladas de fertilizantes para os países de agricultura mais intensa.

E o solo começou a cobrar seu tributo. Começou-se a ver que o solo não era um mero suporte para as raízes, com os nutrientes sendo disponibilizados em larga escala. As análises de solos contemplavam os teores de argila, silte e areia e os nutrientes ali presentes. Nada relacionado à microbiota. E o modelo esgotou-se. A matéria orgânica passou a ser valorizada, tanto quanto à quantidade como quanto à qualidade. O solo passou a ser encarado como um organismo, a ser cuidado, tratado com carinho e respeito. Chegou o plantio direto. E já se concebia claramente que os microrganismos não estavam ali como “proveitadores”, como saprófitos. Passou-se a identificar gêneros, espécies, cepas com suas respectivas funções e interações. Cada vez mais se tornava mais claro que era necessária uma avaliação da atividade microbiana do solo para que se pudesse, em conjunção com as frações química e física, ter uma ideia mais clara, mais real do estado de “saúde” do solo e de seu reflexo na produtividade. Tínhamos de fechar o triângulo:



Várias técnicas foram tentadas, durante anos, visando desenvolver um método prático e seguro para avaliar a atividade microbiana do solo. O isolamento de células microbianas, feito em meios seletivos, trazia alguma luz, mas de forma extremamente trabalhosa, e muito raramente se encontrava uma correlação com a produtividade.

A medida da respiração do solo também foi usada como um indicador, pois maior respiração significa atividade microbiana mais intensa. Mas disso não resultou uma metodologia aplicável para análises de rotina.

Somente há dois anos surgiram métodos práticos, viáveis, para se avaliar o estado em que se encontram os solos sob o ponto de vista de vida microbiológica. Um dos métodos é indireto, utilizando-se a dosagem de duas enzimas que, por meio de correlações exaustivamente testadas, permitem-nos avaliar o estado do solo quanto à sua atividade microbiológica.

O importante é que esta análise correlacionou os dados obtidos em dezenas de experimentos de laboratório, casa de vegetação e campo, permitindo uma análise criteriosa e indicando quais medidas de manejo são necessárias para estabelecer um equilíbrio entre as três fases: física, química e biológica. Esta metodologia já se encontra em uso, pois a análise já tem um método muito bem definido e diversos laboratórios de análises de solo já o estão aplicando e fazendo as recomendações pertinentes.

Com as modernas ferramentas de biologia molecular, outra linha de análises da microbiota do solo foi aberta: a análise do DNA de amostras de solo, podendo-se assim avaliar quantitativa e qualitativamente os microrganismos ali presentes, utilizando a técnica RT-PCR, que identifica, quantifica e diferencia os microrganismos do solo.

É possível, por exemplo, identificar se um solo tem *Azospirillum* e a quantidade relativa desse microrganismo. Pode-se, também, identificar se existem microrganismos com diversos potenciais, como FBN, solubilização de fósforo, resistência à seca, e muitos outros. Hoje já há empresas fazendo análises rotineiras em solos de lavoura e recomendando tanto manejo do solo como o acréscimo, via produtos, dos microrganismos que estejam em quantidades muito baixas.

Diante das antigas técnicas de isolamento em placas de Petri, com meios diferenciais, examinando ao microscópio e fazendo testes bioquímicos em centenas de tubos de ensaio, podemos dizer que a vida do pessoal de laboratório ficou bem mais fácil. E, mais do que isso, permite uma análise muito mais acurada, mas segura e confiável.

Enfim, são campos que se abrem. Cada vez mais a tecnologia assume importância fundamental na agricultura produtiva e sustentável e a microbiologia vem se atualizando em conhecimentos e técnicas, permitindo que se desenvolvam novos produtos que em muito ajudarão a produção de alimentos e a sustentabilidade.

Os novos métodos de análise de inoculantes

Desde o início da produção de inoculantes havia uma preocupação em se avaliar a concentração de bactérias fornecida ao agricultor. O método de contagem de bactérias no produto era o tradicional em microbiologia: diluição seriada de uma amostra do produto, semear em placas de Petri com meio seletivo, identificação das bactérias-alvo e contagem de colônias. O método é trabalhoso, exigindo muita mão de obra especializada nos processos de laboratório e, principalmente, na identificação e contagem das bactérias típicas. A possibilidade de confusão com eventuais contaminantes é muito alta.

Trabalhou-se, também, com o chamado “número mais provável” (NMP), no qual se cultivava uma plântula em tubos de ensaio, semeava-se uma alíquota do inoculante da diluição seriada e contava-se o número de tubos nos quais havia nodulação. Por meio de uma tabela estatística, chegava-se ao número de bactérias por grama de inoculante. Mas o método, embora mais seguro que o anterior, exigia um lampadário, temperatura e luminosidade controladas. Era prático para plantas de pequeno porte, como trevos, por exemplo. Mas, para plantas maiores, tornava-se mais difícil, por exigir muito espaço no lampadário.

Dessa forma, a contagem em placas tornou-se o método escolhido para as análises de rotina nas empresas produtoras e nos laboratórios que fazem a análise oficial. Para inoculantes sem nenhum tipo de contaminação, desde que haja procedimentos padronizados, pode-se ter uma contagem bastante confiável. Entretanto, para os inoculantes em turfa, a possibilidade de se confundir as colônias com contaminantes é bem maior. Mesmo com a turfa irradiada com elevadas doses de raios gama, restam alguns contaminantes que se desenvolvem com o tempo e podem trazer dúvidas na contagem.

Mais uma vez a pesquisa trouxe novas técnicas que permitem uma contagem totalmente segura e de elevada confiabilidade. Por meio da análise do DNA pela técnica RT-PCR, pode-se avaliar de forma rápida e segura a pureza e a concentração de um inoculante, identificar os eventuais contaminantes permitindo o rastreamento até a fonte que os originou e a autenticidade da cepa declarada no rótulo.

Os laboratórios oficiais já utilizam este procedimento e as indústrias também já estão internalizando as novas técnicas em seu controle de qualidade e no desenvolvimento, trazendo ainda maior confiabilidade aos inoculantes utilizados no Brasil. O campo para utilização desta técnica, análise do DNA do microbioma do solo, abre portas inimagináveis para o desenvolvimento de novos produtos e para um estudo mais amplo da ecologia do solo, aprofundando a utilização de produtos específicos para o uso conjunto de microrganismos, seleção para determinados tipos de solos e de culturas. Estamos no caminho de uma customização dos produtos biológicos.

Dessa forma, pode-se ver claramente que o setor de produção de inoculantes vem se atualizando e acompanhando a notável evolução da agricultura brasileira.



CAPÍTULO 6

A NECESSÁRIA INTERAÇÃO ACADEMIA- INDÚSTRIA

No caso particular da FBN tivemos e temos diversos exemplos de intensa cooperação no desenvolvimento de processos e de produtos

A história da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) no Brasil, bem como na América do Sul, está umbilicalmente ligada às entidades de pesquisa oficiais. Como descrevemos no livro anterior, a seleção de cepas de *Bradyrhizobium* para soja teve início na Secretaria de Agricultura do Rio Grande do Sul, de onde foi repassada a tecnologia para a criação da primeira fábrica de inoculantes no Brasil.

Na década de 70 o IBPT do Paraná teve papel preponderante no desenvolvimento da tecnologia para produção em maior escala. Mais modernamente, a indústria privada tomou a liderança, o que é natural, no desenvolvimento de novos equipamentos e procedimentos na geração de inoculantes.

Mas o papel da pesquisa oficial, seja por meio de universidades, empresas e institutos de pesquisa, ainda permanece como fator crucial para o desenvolvimento do setor, seja na geração de novos conhecimentos, seja na validação de novos produtos e até mesmo no forte e constante trabalho de difusão das tecnologias inerentes ao setor. Aliás, este ponto, a multiplicação, o engajamento das entidades de pesquisa na difusão do uso de inoculantes junto aos agricultores, deve ser considerado um dos pilares do sucesso do uso de inoculantes no Brasil.

Mas, retornando muito longe no tempo, veremos que talvez o primeiro embrião de universidade remonte à Grécia antiga, com a Academia, fundada por Platão. Na Idade Média as “corporações de ofício”, além de entidades corporativas, eram foco de ensino. Mas a primeira universidade que pode tomar este nome foi fundada em Bolonha, em 1088, seguida por Oxford e pela de Paris.



[/tinyurl.com/2trxpypys](https://tinyurl.com/2trxpypys)

Fonte:
COLAUD, Étienne.
Reunião de doutores
na Universidade de
Paris. Manuscrito
“Cantos reais”.
Biblioteca Nacional
da França, 1537, fol.
27 v. Disponível em:
Wikimedia Commons

Nas Américas, a primeira surgiu em Lima, no Peru, a Universidad Nacional Mayor de San Marcos, fundada em 12 de maio de 1551, embora alguns autores coloquem a Universidad de Santo Domingos como a mais antiga.



A Universidade do Paraná foi fundada oficialmente em 19 de dezembro de 1912 e iniciou suas atividades de ensino na segunda quinzena de março de 1913, portanto, antes da fundação da Universidade de Manaus, que data de 13 de julho de 1913.



[/tinyurl.com/mv2cuv85](https://tinyurl.com/mv2cuv85)

Mas o fato é que o conhecimento, antes transmitido de boca em boca, foi se organizando na sua forma de geração e de transmissão, por meio de estruturas organizadas no modelo de ensino e geração do conhecimento, desaguando nas modernas concepções de ensino-pesquisa-extensão.

Nos primórdios da Revolução Industrial, com o setor produtivo tendo a tecnologia como diferencial, houve uma valorização dos centros de ensino e pesquisa, pois as empresas tinham de buscar novos conhecimentos para incorporar em seus sistemas produtivos, em seus produtos, até mesmo em sua comunicação. Mas as coisas funcionavam meio em blocos fechados. A intercomunicação era dificultada por preconceitos e estereótipos de ambas as partes. Porém com o tempo os canais foram se abrindo e meios, formais e informais, passaram a ser usados para alguma articulação entre academia e indústria, embora ainda com muitos “ruídos” na comunicação.

Trabalhando desde o início de minha carreira neste segmento, ouvi coisas como: “Os pesquisadores ficam só pesquisando o sexo dos anjos, gastando dinheiro à toa” ou “Os empresários só pensam em explorar os pesquisadores, em ganhar dinheiro com o nosso trabalho”. Dentro de um Conselho Universitário, escutei esta: “A universidade deve trabalhar para a sociedade e não para as empresas”. Como se as empresas fossem algo apartado da sociedade, extraterrestres.

Mas felizmente hoje temos outro panorama. Existem mecanismos oficializados que permitem, institucionalmente, que uma universidade ou instituto de pesquisa utilize mecanismos de cooperação com empresas privadas. Está reconhecido que o estoque de conhecimento existente na academia é muito grande e valioso para ficar somente na publicação de “papers” na literatura estrangeira. Deve ser colocado a serviço da sociedade e a empresa é o caminho para transformar esses conhecimentos em tecnologia e oferecê-los à população em geral.

O caminho apontado era o de promover uma sinergia entre o poder econômico e direcionador do governo, o estoque de conhecimentos existentes nas universidades e em institutos e o poder da indústria em transformar o conhecimento em tecnologia, por meio de ações articuladas.

Os pesquisadores Etzkowitz e Leydesdorff publicaram, na década de 90, o modelo da tríplice hélice, consolidando em diagrama o que seria uma concertação para juntar os atores governo, academia e indústria em projetos comuns de P,D&I, usando de forma sinérgica os recursos existentes nos três setores para levar à sociedade novos conhecimentos, novos processos, novos produtos.

“A ideia-base é de que a inovação tecnológica só é possível no momento em que o conhecimento adquirido nas universidades é direcionado para atender demandas econômico-sociais que as empresas identificam e chegam a comercializar posteriormente, com o apoio do governo.” (<https://blog.bluefieldsdev.com/triplice-helice/>)



Fonte:



[/tinyurl.com/2p9yfxm2](https://tinyurl.com/2p9yfxm2)

O espaço central, no qual os três entes formam um espaço comum, é a meta a ser alcançada, passando a ser considerado quase que uma nova entidade transitória, na qual cada um abre mão de alguns procedimentos que teria se trabalhasse isoladamente, para propiciar uma nova governança naquele espaço.

Mas, embora este modelo venha sendo aplicado com sucesso em muitos casos, não é unanimidade na prática, havendo quase que uma customização, caso a caso, a depender das especificidades das entidades envolvidas.

O importante em uma relação desse tipo, dupla ou tríplice, é que tudo fique muito claro, muito bem definido. O que não ficar muito bem aclarado e entendido pelas partes, poderá trazer dificuldades para o andamento e até mesmo para a finalização do projeto. Aspectos como governança, o papel de cada ator, a remuneração, a distribuição de trabalho, patentes, exclusividade, tudo deverá ficar muito bem definido no contrato inicial, evitando “remendos” que prejudicarão o andamento.

Existem diversas formas de se fazer uma transferência de tecnologia entre uma entidade de pesquisa oficial e uma empresa privada:

- A compra da tecnologia pronta. A universidade ou o instituto tendo já o estado da arte bastante adiantado, pronto para transferir um pacote de conhecimentos, pode simplesmente combinar um preço com o cliente e vender a “caixa-preta”, cabendo à empresa desenvolver o “scale up” e a logística de produção.
- O desenvolvimento cooperado, no qual cada ente desenvolve uma parte do trabalho, com uma ampla troca de informações, mas cada um em seu laboratório, no fim juntando as partes para chegar ao produto ou processo.

- O desenvolvimento conjunto, como exemplificado com a tríplice hélice.

No caso particular da FBN tivemos e temos diversos exemplos de intensa cooperação no desenvolvimento de processos e de produtos. Desde o já mencionado apoio técnico para a instalação da primeira fábrica de inoculantes no país, passando pela seleção de cepas, a contribuição da pesquisa tem sido decisiva.

A indústria tem se capacitado, tanto em termos de pessoal qualificado na produção como em pesquisa e desenvolvimento, tendo uma rica interlocução com as áreas de pesquisa. Muitos dos atuais responsáveis técnicos e gerentes ou diretores de P&D das empresas são graduados ou pós-graduados nos melhores centros do país, o que facilita muito o intercâmbio entre empresas e os órgãos oficiais de pesquisa.

A ANPII e a aliança estratégico-tecnológica

As coisas às vezes acontecem de maneira estranha. O pesquisador da UFPR Fábio Pedrosa e eu nos conhecemos no período de estágio no laboratório da dra. Johanna Döbereiner. Cursamos juntos uma parte do Mestrado de Bioquímica e desenvolvemos uma forte amizade durante todos estes anos. Mais tarde conheci o prof. Emanuel Maltempo de Souza, também pesquisador da UFPR. A distância entre nós era de 500 km.

Mas foi em Budapeste, em um Congresso de FBN, que eu tomei conhecimento do trabalho que ambos faziam na UFPR, de seleção de novas cepas de *Azospirillum*, com maior poder de fixação e de liberação de amônia. Eu estava no congresso representando a ANPII e tinha de trazer este conhecimento para dentro da associação. Mas, na hora, troquei ideias com o Emanuel sobre a possibilidade de desenvolver o produto pela associação e não individualmente, cada empresa com seu desenvolvimento.

O Emanuel achou que até seria mais bem-aceito pela universidade. Imediatamente contatei o então presidente da ANPII, Roberto Berwanger Batista, que aceitou de pronto a ideia. O presidente que o sucedeu, José Roberto Pereira de Castro, também abraçou com entusiasmo a ideia.

De volta ao Brasil, começamos os entendimentos internos na associação para tentar montar um projeto conjunto de desenvolvimento. Parecia uma ideia meio louca. Juntar empresas concorrentes em um projeto comum, para desenvolver um novo produto com o qual iríamos concorrer mais tarde no mercado.

As alianças estratégico-tecnológicas entre empresas, com colaboração no desenvolvimento de produtos, não são novas. Várias alianças desse tipo já foram utilizadas no mundo todo e no Brasil, embora de forma pouco difundida.

Foram feitas reuniões com as diretorias das empresas, com o pessoal de P&D e do regulatório e o contrato de cessão das cepas foi firmado entre a ANPII e a Universidade do Paraná. Todos se convenceram das vantagens que isso traria para as empresas, entre as quais se destacam:

- A sinergia entre os profissionais, trocando ideias e trazendo novas soluções em conjunto.
- A enorme diminuição do custo de desenvolvimento. Para se fazer os testes de eficiência agrônoma em campo, dentro dos padrões exigidos pelo MAPA, cada empresa gastaria acima de R\$ 150.000,00. Fazendo os testes pela ANPII, servindo o resultado para todas as empresas, o custo seria dividido entre elas. Consultado, o MAPA informou que este mecanismo seria possível: um teste conduzido pela associação e o resultado apoiando o registro das nove empresas.

- No campo do desenvolvimento do produto propriamente dito, também houve uma salutar divisão de trabalho para produzir as quantidades necessárias aos testes de campo.
- Do ponto de vista do mercado, só há vantagens para os que vierem a comprar o novo produto. Em vez de um monopólio, uma só empresa com o produto, e entrarão as nove simultaneamente, competindo na venda. No momento em que as empresas conseguirem o registro, cessa a aliança. A aliança existe apenas na fase pré-competitiva.

Mostrando o nível de maturidade das empresas e de seus profissionais, o processo correu de uma forma proveitosa, com um grupo de WhatsApp trocando informações frequentemente e produzindo o inoculante para ser levado ao campo.

No momento em que redigimos este livro, os processos para pedido de registro já estão em fase final e estarão apresentados ao MAPA durante o período de edição.

É uma forma de fazer pesquisa inovadora que terá continuidade no âmbito da associação, pois se provou extremamente eficiente. Logicamente que, para sua execução, requer uma equipe madura, um apoio explícito da diretoria e uma coordenação que motive e leve o grupo a trabalhar com harmonia.



Foto da assinatura do contrato da ANPII com a UFPR, na Reitoria da universidade

Pesquisa, a chave para o desenvolvimento

A evolução da agricultura brasileira chama a atenção em todo o mundo. De um país que até poucos anos importava alimentos, entre eles leite, carne, e outros, passou para um exportador de alimentos, enviando nutrientes para diversas partes do globo. Hoje, é exportador de proteína animal, soja, café, açúcar, celulose e outros produtos do campo. Mas o que levou o país, em poucos anos, a sair de um importador para um provedor de nutrição para muitos milhões de pessoas em boa parte do mundo?

Lógico que isso não se deve a nenhum fator isolado, mas a um conjunto harmônico de fatos que, somados e de forma sinérgica, levaram a esta atual situação. As condições climáticas do país, com muitos dias de sol, possibilidade de duas ou três safras por ano, água em abundância na maioria das regiões e terras disponíveis para agricultura têm sido fatores decisivos para que a atividade agrícola seja hoje o motor da economia brasileira. Mas o componente humano desempenha um papel de elevado protagonismo nesta situação.

As pessoas envolvidas na agricultura desempenham um papel fundamental: de um lado o agricultor, que com tenacidade e espírito para aceitação da tecnologia possibilitou as elevadas produtividades hoje obtidas no campo, e de outro os pesquisadores, em institutos, universidades e empresas privadas, que propiciaram um forte substrato científico, colocando à disposição do agricultor um amplo leque de opções tecnológicas nos mais diversos recantos do Brasil e para as principais culturas, sejam as de grandes áreas bem como as de pequenos agricultores. Claro que não podemos deixar de acrescentar os assistentes técnicos em suas mais variadas vertentes, da área pública, por meio das Ematers, das cooperativas e das consultorias privadas. Mas é principalmente da área de pesquisa que vamos falar mais neste artigo. A pesquisa, salvo nos raríssimos casos de “estalo”, de descobertas sensacionais, é feita de um processo, que começa na longa formação e maturidade do pesquisador. Em paralelo vêm o equipar dos laboratórios, os trabalhos de campo, a construção de um arcabouço que vai, paulatinamente, levando a pequenas descobertas que, somadas e de maneira sinérgica, vão formando uma rede de conhecimento coletivo que culmina com a obtenção de um arsenal de tecnologias que levam à maior produtividade, à maior rentabilidade dos fatores de produção, como solo, água, nutrientes e tudo o que uma planta necessita para gerar mais e mais alimentos, e à maior competitividade, hoje um fator decisivo no altamente disputado mercado internacional.

A geração de tecnologias não se faz aos saltos, mas sim dentro de um processo contínuo e ininterrupto. Uma pesquisa interrompida, seja em qualquer área do conhecimento humano, mas principalmente na agricultura, não pode ter seu prejuízo medido apenas pelo número de anos que esteve interrompida, mas sim por esse tempo multiplicado por vários números. Uma pesquisa que se descontinue por um ano vai ter reflexos por muitos e muitos anos mais.

A produção e o uso dos inoculantes no Brasil tiveram e têm na pesquisa aquele arcabouço científico do qual falávamos no início deste artigo. A seleção de estirpes, os meios de cultivo, e tudo o mais que dependa fortemente de ciência mais profunda, são desenvolvidos nos órgãos de pesquisa. As empresas, daí para a frente, fazem sua parte de desenvolver protocolos para produção em alta escala, desenvolver embalagens, e tudo o que seja necessário para colocar um excelente produto na mão do agricultor.



CAPÍTULO 7

AMEAÇAS AOS BIOINSUMOS NO BRASIL

As atuais fábricas de inoculantes no país, e aquelas que importam produtos de nossos vizinhos do Cone Sul, têm uma elevada tecnologia, no nível dos mais exigentes agricultores brasileiros

É muito bom se discorrer sobre o sucesso da FBN e as novidades que estão ocorrendo no Brasil nestas áreas. Mas, infelizmente, nem tudo são flores. Temos no horizonte algumas ameaças que poderão, se não forem bem administradas, jogar por terra todo o trabalho de mais de 50 anos e que colocou o Brasil como o líder mundial no uso de inoculantes.

Como vemos nos capítulos deste livro e em dezenas de outras publicações, a Fixação Biológica de Nitrogênio se desenvolveu no Brasil sob uma forte base técnico-científica e de forma orgânica, estruturada, unindo as áreas da pesquisa, produção e regulatória. A pesquisa, selecionando as melhores cepas das bactérias fixadoras. As empresas produtoras de inoculantes desenvolvendo procedimentos de produção e formulações que levam a produtos de excelente desempenho no campo; e a área de regulação e fiscalização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), mantendo a legislação e a fiscalização dentro dos patamares adequados para que os produtos cheguem dentro de elevados padrões de qualidade às mãos do agricultor.

Com esta estrutura o Brasil tem hoje mais de 80% dos agricultores utilizando o inoculante como única fonte de nitrogênio para a soja, resultando em uma significativa economia para o agricultor, para o país como um todo e para o ambiente.

Mas há poucos anos começou a surgir a “moda” da produção de produtos biológicos na própria fazenda, denominada, pela nossa paixão pela língua inglesa, de produção “on-farm”. Inicialmente não foi levada muito a sério, pois poderia ser apenas mais um modismo na agricultura. Mas, infelizmente, o processo estendeu-se para limites que passaram a ameaçar uma muito bem-sucedida experiência.

A ideia partia do princípio de que a reprodução de bactérias e fungos seria uma coisa muito fácil e começaram a surgir os aproveitadores, vendendo uma tecnologia precária, totalmente inadequada, de pura enganação ao agricultor. Vendia-se uma caixa d’água, uma bombinha de aquário, uma mistura empírica de sais e açúcares e, mais do que tudo, vendia-se a ilusão de que daquela forma seria possível produzir produtos biológicos para a agricultura.

Inicialmente os “vendedores de ilusão” conseguiram atingir aqueles agricultores com menor nível de informação, que tentavam diminuir os custos da lavoura. Para quem conhece um mínimo de microbiologia, entende de pronto que é impossível produzir inoculantes sem um mínimo de assepsia, de meios de cultura de alto desempenho, de rígidos procedimentos de microbiologia industrial.

Não se trata, aqui, de uma entidade de representação empresarial tentando fazer uma reserva de mercado e dificultar a entrada de novas empresas no ramo. A ANPII, ao longo do tempo, tem buscado até mesmo incrementar a indústria de inoculantes no Brasil. Mas de inoculantes de verdade, não arremedos do insumo.

As atuais fábricas de inoculantes no país, e aquelas que importam produtos de nossos vizinhos do Cone Sul, têm uma elevada tecnologia, no nível dos mais exigentes agricultores brasileiros. Corpo técnico altamente formado nas práticas de microbiologia; equipamentos de fermentação e de embalagem modernos, automatizados, com rigoroso controle de pontos críticos de contaminação; rigoroso controle de qualidade, inclusive com o uso de técnicas de biologia molecular; instalações rigorosamente controladas com respeito à contaminação, com salas limpas, recebendo ar através de filtros HEPA, dentro dos moldes de uma sala cirúrgica.

As técnicas de fermentação, com meios de cultivo, aeração, temperatura, agitação, tudo é rigorosamente controlado, em algumas empresas por sistemas computadorizados.

Visando à produção de um inoculante que apresente resultado compatível com a necessidade do agricultor, é mandatório que contemple parâmetros muito consistentes de concentração, pureza e manutenção da viabilidade durante o período de prateleira e mesmo sobre a semente. Isso requer, além de um sistema de produção altamente qualificado, que o produto também tenha aditivos que irão manter a bactéria viável por mais tempo. E um rígido controle do produto a ser utilizado é também fundamental.

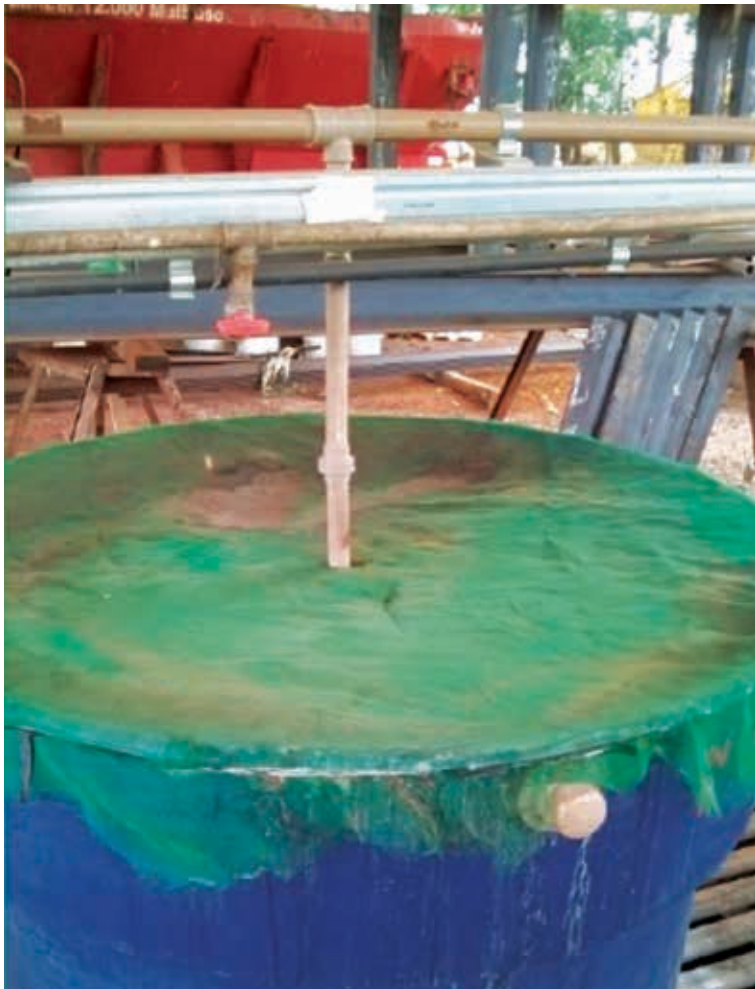
Para que tudo isso? Para que o inoculante chegue à lavoura com uma enorme margem de certeza de que o produto fará seu papel de fornecer as elevadas quantidades de nitrogênio das quais a soja necessita. A pesquisa, as empresas produtoras de inoculantes e o MAPA articulam-se para oferecer um produto de primeira qualidade ao agricultor, dentro da elevada tecnologia aplicada em nossa agricultura.

A seguir, várias fotos mostrando um pouco do que seja necessário para uma fábrica de inoculantes.



Fotos: imagens cedidas pela Agrocete

Em qual inoculante você confiaria mais? Naquele que é produzido na empresa das fotos acima ou no das fotos abaixo?



“Instalações”
para produção de
biológicos em fazenda
Fotos: Imagens
cedidas pela Embrapa



A Embrapa, vigilante em tudo que tange à agricultura do Brasil, mobilizou-se rapidamente para conferir o que acontecia no campo e, desde o início desta “onda”, vem monitorando a produção “on-farm”. Os resultados são assustadores. Não só se perde o benefício que *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* trazem para o agricultor como se desenvolvem diversos microrganismos oportunistas, muitos deles com potencial risco para seres humanos.

A Anvisa também se manifestou sobre o assunto, mostrando a vulnerabilidade dos sistemas de produção “on-farm” pelo risco que a falta de controle pode trazer em termos de ameaças para os operadores e o ambiente.

Fonte:



[/tinyurl.com/3863msmp](https://tinyurl.com/3863msmp)

Valiceneti, em amostras de produtos oriundos de fazenda em MT, visando à produção de *Bacillus thuringiensis*, verificou a ausência de esporos da bactéria-alvo e a presença de diversos outros microrganismos com risco potencial para seres humanos e animais:

“Conclusões: as amostras de Bt produzidas em sistema “on-farm” em propriedades rurais de Mato Grosso apresentam-se contaminadas por diferentes espécies de bactérias. O produto mostra-se inadequado para uso como biopesticida e apresenta risco de contaminação para humanos e animais.”

Fonte: Circular Técnica 239 – Embrapa.

Após estes e outros levantamentos, houve algumas modificações no sistema de produção, mas, de forma geral, ainda longe do necessário. Em algumas fazendas com níveis econômico e técnico mais elevados, foram montadas unidades que se aproximam um pouco de uma fábrica, com pessoal especializado e equipamentos bem instalados, mas com toda uma estrutura ainda deficiente.

Que fique claro que novas fábricas de inoculante serão bem-vindas, sejam elas instaladas em um prédio no centro de São Paulo, seja em uma fazenda no interior do país. Mas o importante é que se tenha condições de pessoal, de equipamentos e de procedimentos a fim de oferecer um produto de elevada qualidade para o agricultor.



Ainda a produção “caseira” de inoculantes

Há algum tempo escrevemos artigo sobre este assunto, qual seja o “modismo” da produção de produtos biológicos na fazenda. Inoculantes, bioinseticidas, promotores de crescimento e outros produtos biológicos estão sendo “produzidos” na própria fazenda, na maioria das vezes em instalações extremamente precárias, não compatíveis com o atual estágio de desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira.

A produção de produtos biológicos é uma atividade de alta tecnologia, partindo dos mais estritos princípios de microbiologia, da biotecnologia. Desde meios de cultivo criteriosamente desenvolvidos, seleção e pureza das cepas, parâmetros de fermentação otimizados para máxima eficiência, procedimentos super-rigorosos para prevenir contra contaminações, ambiente, equipamentos e ar esterilizados, tudo isso é requerido, se de fato quisermos ter um inoculante e não um produto “meia-boca”. Sem falar da necessidade de pessoal altamente capacitado para operar uma fábrica de inoculantes. O mesmo vem ocorrendo com os defensivos biológicos, mas isso eu deixo para a nossa congênere Croplife, que congrega as empresas do ramo. No que tange aos inoculantes, objeto da ANPII, podemos dizer, com toda a segurança, que é impossível obter produtos eficazes na captação de nitrogênio ou na promoção de crescimento sem uma tecnologia de ponta, produzindo inoculantes em consonância com a elevada produção de soja que é possível obter com o material genético das atuais cultivares e com as ferramentas que o atual manejo proporciona aos agricultores. A FBN é uma das grandes conquistas da agricultura brasileira. Com seleção de cepas bacterianas de elite, com empresas produtoras altamente tecnificadas, levando em campo inoculantes da maior qualidade, liderando mundialmente o setor, o Brasil não pode deixar que este verdadeiro patrimônio nacional seja perdido por aventuras sob o pretexto de uma fictícia redução de custos. O inoculante é o fator de produção mais barato e de maior retorno em uma cultura de soja, trazendo expressivos ganhos para o agricultor e para o país. Fornecendo nitrogênio, o nutriente necessário em maior quantidade para a soja, é um produto cujo critério de compra deve sempre ser a qualidade e não o preço. Como obter isto senão em condições ótimas de uma indústria voltada para a microbiologia? O que se viu no início da produção na fazenda, chamada correntemente de “on-farm”, era um verdadeiro crime contra o agricultor. Uma caixa d’água plástica, aberta, com um agitador e um borbulhamento de ar ambiente sem nenhum tipo de filtro. Um meio de cultura genérico, o inóculo sendo um sachê de produto comercial. Cultiva-se por dois dias e joga-se na lavoura. Houve algumas melhorias, com tanques de aço inoxidável, mas nem de longe perto dos requisitos necessários para uma produção de qualidade. Logicamente que, se algum agricultor ou empresa agrícola desejar produzir inoculante ou qualquer outro insumo em sua propriedade, tem todo o direito. Se o fizer de forma profissional, com pessoal qualificado, com equipamentos e procedimentos de acordo com as boas normas de produção industrial, não haverá nenhuma objeção. É a livre-iniciativa. Entretanto, o que é objeto de crítica é a produção feita sem os necessários requisitos, de forma a que o agricultor possa obter as vantagens do uso de um produto biológico. As análises de órgãos de pesquisa, até agora, têm demonstrado completa ausência dos microrganismos que se deseja produzir neste tipo de técnica. Os contaminantes tomam conta do meio de cultivo e até mesmo microrganismos com potencial de danos a seres humanos têm sido encontrados. Fica aqui a informação para que os agricultores não entrem nesse tipo de produção, salvo se desejarem montar realmente uma fábrica com todos os requisitos necessários, e não um “faz de conta”.



CAPÍTULO 8

O QUE ESPERAR DA MICROBIOLOGIA DO SOLO NOS PRÓXIMOS ANOS

A estrutura genética das plantas, e de todos os seres vivos, não é uma coisa estática, que perdure inalterável por séculos. Pelo contrário, há modificações espontâneas com frequência, modificando e incorporando novos genes nas plantas de uma forma dinâmica

O conhecimento evolui em uma velocidade difícil de ser acompanhada em todos os setores da vida humana. Rapidamente novos conhecimentos, novos processos, novos produtos, novas tendências aparecem com uma rapidez impressionante. Se acompanhar o que ocorre já é difícil, prever o que vai acontecer, então, é mais arriscado ainda.

Enquanto escrevemos este livro tivemos uma pandemia que alterou grande parte da economia mundial e, logo a seguir, estourou a cruel guerra entre Rússia e Ucrânia, dois importantes fornecedores de alimentos para o mundo e fertilizantes para o Brasil. Sanções econômicas de grande porte foram implantadas contra a Rússia pelos países ocidentais, trazendo ainda mais turbulência ao mercado mundial.

Isso afetou e afetará ainda mais o Brasil, pois dependemos fortemente dos insumos, fertilizantes em especial, vendidos para o Brasil por países daquela região conflagrada. Isso implicou um reestudo visando a uma busca por outras opções a fim de suprir os nutrientes necessários para nossa elevada produção agrícola, seja elevando nossa própria produção, seja pela busca de alternativas.

O uso de insumos biológicos, já em alta antes destes eventos, foi imediatamente lembrado como forma para propiciar um melhor aproveitamento do agora escasso e caro insumo fertilizante químico. Em artigo publicado na *Revista Cultivar* e inserido neste livro, fazemos uma rápida análise de como os biológicos podem ajudar, e muito, neste momento crucial para nossa agricultura.

Mas, independente desses acontecimentos, largas estradas abrem-se para uma constante evolução do uso dos biológicos no cenário da agricultura mundial. É impossível prever tudo, mas algumas tendências se mostram muito claras e definidas, em nosso entender.

Vejamos algumas:

1 – A edição gênica

A estrutura genética das plantas, e de todos os seres vivos, não é uma coisa estática, que perdure inalterável por séculos. Pelo contrário, há modificações espontâneas com frequência, alterando e incorporando novos genes nas plantas de uma forma dinâmica. O ambiente, o manejo e tudo o que possa influenciar nos seres vivos são fatores que levam as plantas a uma melhor adaptação às condições às quais elas estão sujeitas. Através de séculos de cultivos de alimentos, o ser humano aprendeu a selecionar plantas e animais que sofriam modificações, seja para aproveitar as de melhor desempenho e descartar aquelas que se apresentavam menos produtivas ou com algum problema como maior suscetibilidade a doenças, pragas ou fatores climáticos.

Muitas tentativas foram feitas no sentido de induzir mutações, seja por produtos químicos, seja pela radiação, tendo sido obtidos alguns avanços com essas mutações. Mas era um processo muito aleatório, pois tinha de se submeter um grande número de plantas a esses agentes, e esperar o resultado que muitas vezes não ocorria da forma como se desejava. A obtenção de um mutante superior àquele com que até então se trabalhava era uma questão de sorte. Entre milhares de mutantes obtidos, pinçava-se um número muito pequeno ou até nenhum que tivesse melhores características.

Com a descoberta do DNA e estudos mais aprofundados dos genes, esmiuçando-se

sua estrutura, a sequência de seus componentes químicos, foi possível determinar os genes que “comandam” determinadas características. Por exemplo, em uma bactéria, pode-se identificar se ela é ou não um fixador de nitrogênio, pela presença ou ausência do gene específico para esta função.

Adiantando ainda mais os estudos, foi possível, com ferramentas bioquímicas, intervir na composição dos genes, alterar sua sequência, retirar, “silenciar” ou alterar a composição de um gene. Isso é a chamada edição gênica. Assim como eu digito agora uma sequência de letras para obter uma palavra, como posso alterar a sequência das mesmas letras para obter outra palavra, assim também é possível “escrever” uma nova composição do DNA de um ser.

Isso abriu uma estrada de tamanho ainda inimaginável para o melhoramento de plantas e de microrganismos, bem como para intervir na interação entre ambos.

Aplicação da edição gênica



É importante se destacar, sob o ponto de vista regulatório, que a edição gênica não cria um organismo transgênico. Este é um organismo que recebeu um gene de outro organismo, daí o nome transgênico: transportou-se um gene de um organismo (microorganismo ou planta) para o outro. No caso da edição gênica, houve apenas a manipulação do gene do próprio organismo.

Em breve teremos produtos oriundos de microrganismos e/ou de plantas geneticamente editadas, podendo-se conduzir de forma dirigida as características que sejam desejáveis, sob qualquer aspecto, para a produção agrícola. No caso do fósforo, por exemplo, poderemos desenvolver microrganismos mais potentes que excretem maiores quantidades de ácidos e enzimas, liberando mais fósforo que está retido no solo. No caso da fixação simbiótica do nitrogênio, pode-se vir a alterar diversos parâmetros da bactéria, permitindo maior eficiência, com menor gasto de energia para realizar a transformação do N em forma aproveitável pelas plantas. Com o potássio poderemos fazer o mesmo que com o fósforo e o enxofre também poderia ser liberado.

2 – Comunidades sintéticas

A experiência vitoriosa da coinoculação mostrou que há um enorme campo para a composição de comunidades sintéticas de bactérias (ou fungos) que tenham efeitos sinérgicos ou complementares entre si e as plantas.

Na natureza cada vez sabemos mais sobre a interação entre microrganismos, entre estes e as raízes e mesmo entre as raízes das plantas (a “internet” das plantas) com uma presença ativa das micorrizas. A forma como vimos trabalhando, com sucesso sem dúvida, mas com microrganismos isolados, poderá ser alterada para formarmos comunidades com maior eficiência, aproveitando todos os recursos que a microbiota do solo nos oferece.

3 – Maior aplicação das ciências “ômicas”

“As chamadas ‘ciências ômicas’ compreendem áreas interdisciplinares das ciências biológicas que atuam no estudo de caracterização em larga escala dos constituintes de um organismo ou conjunto de organismos. O termo ‘ômica’ (do inglês ‘omic’) é derivado do sufixo ‘oma’ (do inglês ‘ome’) e sua primeira utilização para esta finalidade se deu em 1920 com a definição do conceito de ‘genoma’ por Hans Winkler.” (Frederico Schmitt Kremer).

Disponível em:



[/tinyurl.com/2p8mn22u](https://tinyurl.com/2p8mn22u)

A genômica, abrindo caminho para um estudo mais profundo dos genes, trouxe consigo a oportunidade de ir mais a fundo e estudar os constituintes dos organismos, como dito acima. Assim, a metagenômica estuda o conjunto de microrganismos em uma determinada amostra. A proteômica é a caracterização das proteínas presentes em uma amostra. Lipidômica estuda os lipídios e glicômica, os glicídios.

Todas estas ferramentas poderão ser utilizadas não só na área de pesquisa, mas também na área de desenvolvimento de novos produtos.

4 – Maior facilidade de uso

Todos nós somos cumpridores das leis, mas há uma que cumprimos mais fielmente: a lei do menor esforço. Na primeira visita que fiz a agricultores, logo após formado, já havia a queixa do trabalho para fazer a inoculação. E isso persiste até hoje. A inoculação no sulco trouxe uma certa facilidade, mas requer equipamento especial e uma logística para transportar água até a semeadeira. Há agricultores que se adaptaram rapidamente ao sistema, mas outros têm forte rejeição.

A inoculação no tratamento industrial de sementes apareceu como a grande solução para eliminar o trabalho da inoculação. O agricultor receberia a semente tratada, inclusive com o inoculante. Mas ainda há restrições por parte da pesquisa para a adoção da técnica. Vários testes realizados em lavouras têm demonstrado baixo número de bactérias viáveis. Talvez isso se deva à falta de uniformidade nos procedimentos entre as várias sementeiras ou ao próprio manuseio no transporte e armazenamento das sementes em condições desfavoráveis à bactéria.

Assim, há um campo aberto. Quem conseguir entregar uma semente tratada e com elevada concentração de bactérias viáveis poderá tomar uma fatia significativa do mercado.

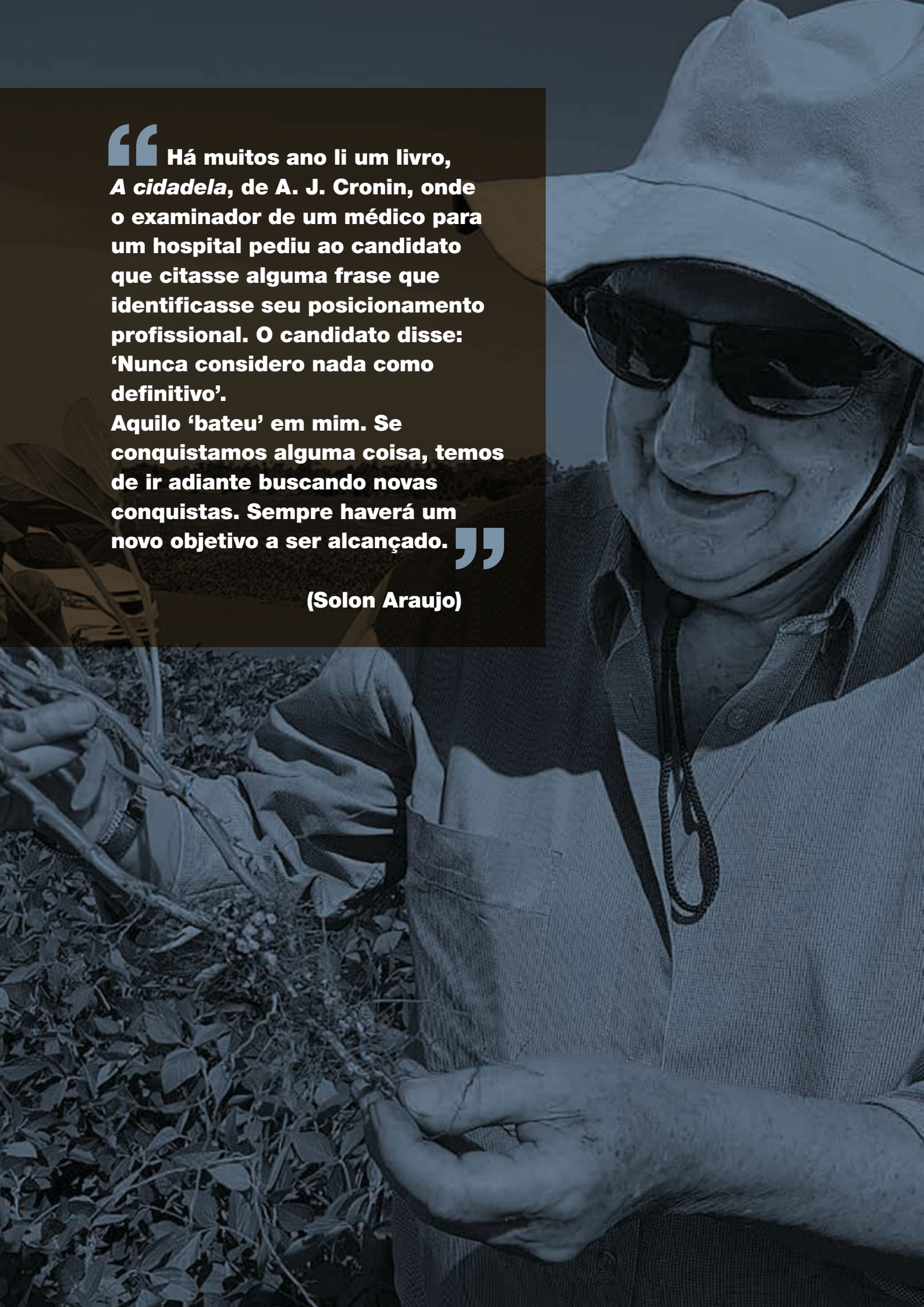
“ Em breve teremos produtos oriundos de microrganismos e/ou de plantas geneticamente editadas, podendo-se conduzir de forma dirigida as características que sejam desejáveis, sob qualquer aspecto, para a produção agrícola. ”

5 – Customização de produtos

Um passo talvez largo demais, mas já há empresas pensando nisto. A partir da análise microbiológica do solo, com a avaliação quali e quantitativa dos microrganismos presentes, poder-se-ia recomendar um coquetel de microrganismos específicos para aquele solo, a cultura, o ambiente. Há todo um desafio tecnológico, mas a palavra “impossível” em tecnologia está totalmente defasada.

E deve haver muito mais. Em alguns anos novas publicações estarão recheadas de novos e promissores fatos na microbiologia do solo.



A man wearing a light-colored bucket hat, sunglasses, and a light-colored button-down shirt is shown in a field. He is holding a plant stem in his right hand and examining it closely with his left hand. The background is a field of similar plants under a clear sky.

“ Há muitos anos li um livro, *A cidadela*, de A. J. Cronin, onde o examinador de um médico para um hospital pediu ao candidato que citasse alguma frase que identificasse seu posicionamento profissional. O candidato disse: ‘Nunca considero nada como definitivo’. Aquilo ‘bateu’ em mim. Se conquistamos alguma coisa, temos de ir adiante buscando novas conquistas. Sempre haverá um novo objetivo a ser alcançado. ”

(Solon Araujo)



