

Sustentabilidade e Inovação no Campo



Organizadores
José Carlos da Silva
Arejacy Antônio Sobral Silva
Rafael Tadeu de Assis

José Carlos da Silva
Arejacy Antônio Sobral Silva
Rafael Tadeu de Assis

SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÕES NO CAMPO

Uberlândia - MG - 2013

Editores responsáveis

José Carlos da Silva
Arejacy Antônio Sobral Silva
Rafael Tadeu de Assis

Capa

Janaina Correa Sguerri
Gustavo Augusto dos Santos
Setor de Marketing Uniaraxá

Revisores

José Carlos da Silva
Arejacy Antônio Sobral Silva
Rafael Tadeu de Assis
Karina Cássia Alves
Maria Celeste de Moura Andrade
Adriana Aparecida Cardoso Lindolfo

Revisão de língua portuguesa

Jaqueline de Souza Borges Assis

Ficha catalográfica

Maria Clara Fonseca – Bibliotecária CRB6/942

Catalagação na Fonte - Biblioteca Central do UNIARAXÁ

Catalagação na Fonte – Biblioteca Central do UNIARAXÁ

Sustentabilidade produtiva e inovação no campo / organização: José Carlos da Silva; Arejacy Antônio Sobral Silva; Rafael Tadeu de Assis. Uberlândia: Composer, 2013.
234 p.

ISBN:978-85-8324-002-0

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Inovações tecnológicas. 3. Agricultura e tecnologia. I. Silva, José Carlos da. II. Silva, Arejacy Antônio Sobral. III. Assis, Rafael Tadeu de. IV. Título.

Bibliotecária Responsável: Maria Clara Fonseca – CRB/6942

APRESENTAÇÃO

A V Semana Agronômica do UNIARAXÁ, realizada em 2012, trouxe o tema “Sustentabilidade Produtiva do Cerrado” para a discussão e permitiu que vários profissionais falassem sobre o assunto de maneira clara e objetiva, refletindo seus conhecimentos referentes ao cenário da sua realidade no mundo do agronegócio. O encontro foi, sem dúvida, uma experiência fantástica para nós, da coordenação do Curso de Agronomia, pela possibilidade de intercâmbio com os autores convidados e o livro que dele se originou, um presente para os alunos participantes e leitores da obra.

Resolvemos repetir em 2013 o sucesso do projeto da V Semana Agronômica, organizando a segunda obra, que aborda novamente a questão da sustentabilidade como pilar central, destacando novas idéias relativas às várias atividades desenvolvidas pelos professores-autores convidados em torno do tema. Resolvemos dar continuidade à tão importante temática da sustentabilidade, apresentando esse novo trabalho intitulado **Sustentabilidade e Inovações no Campo**.

A sustentabilidade é um termo muito comentado e discutido nos tempos atuais e muita reflexão sobre o assunto tem sido abordada em diferentes seguimentos da sociedade, nos mais variados setores da indústria e principalmente no campo.

Quando se fala em sustentabilidade e inovações no campo é possível encontrar muitos projetos inovadores em execução e inúmeros outros não divulgados. Vários projetos ou experiências permanecem sem ação por serem desconhecidos, o que dificulta a disseminação de ideias que poderiam oferecer possibilidades de solução para problemas do setor agrário.

A divulgação de projetos científicos e experiências profissionais é vista como uma ótima oportunidade de aprendizado pela carga de vivência prática que os envolve e pela possibilidade de reunir várias linhas de pesquisa dentro de um meio comum a todas elas, o meio ambiente.

Ao organizarmos este livro, nos cercamos de cuidados éticos, profissionais, morais e institucionais, pautados no propósito de seriedade e responsabilidade que nos move no sentido de sermos fiéis às ideias e experiências dos autores convidados divulgados na obra.

Agradecemos a participação de todos os autores deste livro e todos os setores que nos ajudaram para que ela fosse editada.

Agradeço o apoio dos professores Arejacy Antônio Sobral Silva e Rafael Tadeu de Assis, que não mediram esforços para a realização da **VI Semana Agrônômica** e a organização deste livro.

Dr. José Carlos da Silva

Coordenador do Curso de Agronomia
Instituto de Ciências Exatas e Humanas

SUMÁRIO

APLICAÇÃO EXÓGENA DE CARBONO VIA FOLIAR EM CAFÉ <i>José Carlos da Silva</i>	7
INOVAÇÕES NO CONTROLE DE PRAGAS AGRÍCOLAS <i>Aline do Carmo França Botelho</i> <i>Juliana Luzia França Mesquita</i>	19
NOVAS TECNOLOGIAS PARA O PREPARO DO SOLO NA CANA-DE-AÇÚCAR <i>Halan Vieira de Queiroz Tomaz</i>	35
NUTRIÇÃO E FITOSSANIDADE <i>Renato Fonseca de Paiva</i>	45
FLORA ARBÓREA DO CERRADO: ALGUMAS PROPOSTAS DE UTILIZAÇÃO DAS SUAS ESPÉCIES <i>Benedito Alísio da Silva Pereira</i>	57
SORGO SACARINO - RENDIMENTO EXTRA NA ENTRESSAFRA DA CANA-DE AÇÚCAR <i>Halan Vieira de Queiroz Tomaz</i> <i>Rafael Tadeu de Assis</i>	73
REFLEXÕES SOBRE A SOCIOLOGIA NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO AGRÔNOMO <i>Ivana Guimarães Lodi</i>	85
HISTÓRIA & INOVAÇÃO: o campo em foco <i>Luciano Marcos Curi</i>	97
ROCHAGEM: UM NOVO DESAFIO PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DA FERTILIDADE DO SOLO <i>André Mundstock Xavier de Carvalho</i>	117

INEFICIÊNCIA DE <i>Bacillus Thuringiensis</i> EM PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS <i>Muriel Rizental</i> <i>Pedro Nessi Snizek Júnior</i>	133
MELHORAMENTO GENÉTICO DA BATATA <i>Josiane Cristina de Assis</i>	145
UTILIZAÇÃO DE <i>TRICHODERMA</i> NO MANEJO DO MOFO BRANCO (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) <i>Sandra Elisa Guimarães</i> <i>Rafael Tadeu de Assis</i>	161
O BIOMA CERRADO NO NOVO CENÁRIO MUNDIAL: SUSTENTABILIDADE HÍDRICA <i>Caroline de Andrade Gomes da Cunha</i>	175
TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO DE GRÃOS: FERRAMENTAS E APLICAÇÕES <i>Bruno Gabriel de Carvalho</i> <i>Arejacy Antônio Sobral Silva</i>	193
ADUBAÇÃO VERDE: USO DE PLANTAS DE COBERTURA NA AGRICULTURA - BENEFÍCIOS NA FERTILIDADE E SANIDADE <i>José Ap. Donizeti Carlos</i> <i>Thayse Souza Lara</i>	223

APLICAÇÃO EXÓGENA DE CARBONO VIA FOLIAR EM CAFÉ

José Carlos da Silva¹

Aplicação de carbono via foliar

A aplicação de substâncias exógenas em plantas cresceu demasiadamente nos últimos anos, chegando ao ponto de se imaginar que a boca da planta seria a folha e se tal processo ocorresse como imaginado todos os problemas de adubação foliar já estariam resolvidos e o caminho para o aumento da produtividade certo. O processo requer um pouco mais de estudo, uma vez que a absorção e relocação de micronutrientes nos vegetais dependem de muitos fatores fisiológicos e sua distribuição entre os órgãos fontes e drenos ainda precisa ser bem entendido e quantificado.

São usados vários processos para avaliar a absorção de nutrientes aplicados por via foliar, sendo o visual o mais antigo. Também se avalia esta absorção pelo crescimento da planta. Outro método é observando a alteração química da planta depois da pulverização das substâncias (orgânicas ou inorgânicas). Todos esses métodos são indiretos, mas de importância prática, visto que geralmente são realizados em campo; entretanto, não permitem quantificar a porcentagem da quantidade aplicada absorvida pelas folhas nem quantificar a translocação do nutriente absorvido para outros órgãos da planta e para as partes que nasceram depois da adubação foliar.

Os cafeicultores, à semelhança de muitos outros produtores agrícolas, adotam determinadas técnicas de manejo que, na maioria das vezes, não têm fundamentação científica. Muitos destes procedimentos afetam a produtividade, aumentam o custo de produção, sem, contudo, dar certeza de que tais investimentos proporcionam retornos financeiros reais. A situação fica mais grave, uma vez que alguns técnicos, acreditando em tais benefícios, estimulam os cafeicultores a adotarem práticas que não foram suficientemente testadas. Uma destas práticas é

¹ Doutor José Carlos da Silva Coordenador do curso de Agronomia do Centro Universitário do Planlto-Uniaraxá.

a pulverização via folha com solução diluída de açúcar e melão, como fonte de carbono para as plantas.

A situação parte da premissa de que a única forma de aquisição do carbono pelas plantas é a via fotossintética e, como este processo é facilmente afetado por condições edafoclimáticas adversas, muitos técnicos, produtores e cafeicultores acreditam que o fornecimento exógeno de carbono, via aplicação de sacarose ou de melão possa suprir eficientemente este elemento na planta (SANTINATO *et al.*, 1998; MANGINI *et al.*, 1998; SILVA *et al.*, 2003).

No Brasil, a primeira pesquisa envolvendo a pulverização de sacarose no cafeeiro foi desenvolvida por Segura-Monge (1989) com o objetivo de verificar o envolvimento deste açúcar na manutenção das condições hídricas das plantas. Ao contrário do se esperava, em condições de desidratação, este autor verificou que as plantas pulverizadas com sacarose em concentrações de até 15% mostraram diminuição do teor de açúcares solúveis totais. Esta diminuição foi atribuída a uma possível mobilização do açúcar para as raízes ou como substrato respiratório pelo estímulo à respiração.

Neste mesmo estudo foi mostrado quando a deficiência hídrica foi incipiente (-0,5 MPa a -1,0 MPa) ou severa (-2,5 MPa), as pulverizações com sacarose não promoveram diferenças no status hídrico da planta comparado com a testemunha. Quando a deficiência hídrica foi intermediária (-1,5 MPa), observou-se uma curva de resposta quadrática para o potencial hídrico foliar, com um máximo sob doses de 10% de sacarose. A melhoria do status hídrico das mudas foi atribuída ao efeito físico da camada de sacarose sobre a superfície foliar, reduzindo a perda de água pela transpiração. Por outro lado, em doses superiores a 10%, esta mesma camada de açúcar pode ter promovido a desidratação do tecido foliar, com a conseqüente queda no potencial hídrico.

A partir destes estudos, outras pesquisas foram conduzidas no sentido de fornecer carbono às plantas via pulverização com diferentes produtos industrializados ou não. A análise dos dados de Mangini *et al.* (1998), que estudaram a aplicação de sacarose e melão no cafeeiro, mostrou não haver diferenças significativas na produtividade entre a aplicação do açúcar ou melão com pulverização de sulfato de zinco e ácido bórico. Em vários tratamentos, não foram observadas diferen-

ças entre a pulverização do açúcar ou melaço com a testemunha. Da mesma maneira, verifica-se no trabalho de Lima *et al.* (1998) que a aplicação isolada de ácido bórico foi o tratamento mais eficiente para aumentar a produtividade do café, quando comparado com a pulverização de diferentes sais na presença de sacarose. Em outro experimento, a pulverização do açúcar juntamente com outros sais em nada contribuiu para o aumento da produtividade do cafeeiro, quando comparado com a testemunha, chegando até mesmo a diminuir a produtividade em relação à aplicação de bórax no solo. Resultados semelhantes obtiveram Santinato *et al.* (1998) ao verificarem que é inócua a aplicação de açúcar na planta com fins de aumentar a produtividade do cafeeiro.

À exceção da pesquisa de Segura-Monge (1989), que procurou associar o efeito da aplicação de sacarose com a fisiologia da planta sob condições semi controladas, todos os outros trabalhos foram realizados sob condições de campo, em experimentos que apresentaram coeficientes de variação entre 21 a 36%, o que dificulta evidentemente a interpretação dos dados. Mesmo mostrando não haver diferenças significativas entre os tratamentos, aqueles autores citados concluíram ser benéfica a pulverização do cafeeiro com sacarose, baseando-se nas diferenças aleatórias das tendências e aumentos relativos dos resultados, desprezando, com isto, as análises estatísticas.

Por outro lado, Garcia *et al.* (1999), trabalhando com mudas de cafeeiros, observaram que a aplicação de diversos produtos comerciais, bem como de açúcar, pouco influenciaram o desenvolvimento vegetativo das mudas até mesmo quando se comparou, utilizando um substrato de baixa fertilidade. Concluíram com isso que diversos produtos estão sendo introduzidos e recomendados na cafeicultura em aplicações via folha, sem nenhum embasamento científico. Rena e Fávoro (2000), em revisão enfocaram vários aspectos da nutrição do cafeeiro via folha, indicando claramente que, quando são utilizados teores adequados de determinados nutrientes no solo e quando a lavoura é conduzida de maneira racional e científica, as suplementações com elementos minerais ou orgânicos via folha não trazem benefícios adicionais ao desenvolvimento e produção do cafeeiro.

Para a cultura do cafeeiro, não existem muitas pesquisas enfocando a influência da aplicação de açúcares no metabolismo fotossintético

do carbono. O trabalho de Silva (2000) foi pioneiro nestes testes e os resultados apresentados permitem inferir que para lavouras bem manejadas esta prática é inócua, uma vez que a sacarose não vai ser absorvida pelas folhas. Por outro lado, em lavouras depauperadas, a pulverização com sacarose, principalmente a 1%, deve elevar o nível do açúcar no tecido foliar. Não se sabe, ainda, se o incremento do teor de açúcar vai proporcionar aumentos de produtividade nas lavouras depauperadas.

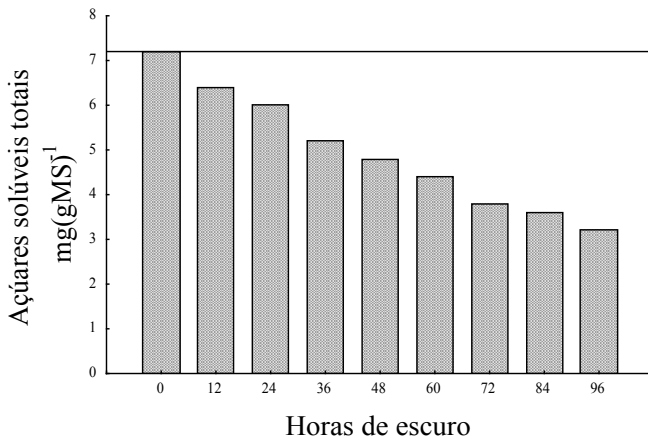


Figura 1 - Teores foliar de açúcares solúveis totais em mudas de cafeeiro após 96 horas de escuro e sob fotoperíodo de 12 horas (linha contínua).

O pesquisador considerou plantas depauperadas aquelas com teores foliares de açúcares solúveis totais baixos em mudas de cafeeiro como mostra a figura 1. Para obter estes dados e estabelecer um padrão para plantas depauperadas e normais, as mudas foram submetidas a condições de ausência de luz por 72 horas e um grupo em condições normais. O Silva verificou que a ausência de luz para as mudas forçava o uso das reservas armazenadas, fazendo com que os níveis de açúcares solúveis totais caíssem. O propósito foi considerar uma planta depauperada em situação de campo desnutrida apresentando características de clorose nas folhas com baixa atividade fotossintética.

Compreende-se como fotossíntese o processo de transformação de energia no qual a fase fotoquímica é responsável pelo carregamento de energia para ser usada no metabolismo da etapa bioquímica que, por

sua vez, é importante no processo de formação de carboidratos que são açúcares indispensáveis para manutenção da respiração celular. Caso este processo venha sofrer interferência com a ausência desta fonte de energia solar, as reservas serão comprometidas e incapazes de fazerem a etapa fotoquímica e, conseqüentemente, não realizam a incorporação de novas moléculas de carbono, diminuindo seu estoque de açúcares.

Em campo, observar se a planta está com nível baixo de carboidratos ou outros nutrientes é difícil, uma vez que estes são endógenos e nem todos apresentam um sinal que demonstre esta deficiência. Para Rena e Fávoro (2000), a pulverização não deve desempenhar qualquer atividade metabólica no cafeeiro e levar a aumentos de produtividade. Em folhas de trigo, o acúmulo de carboidratos, quando a fotossíntese excedeu significativamente a utilização de fotoassimilados, foi considerado como uma forma de estresse (AZCÓN-BIETO, 1986). O fornecimento de sacarose, glicose ou frutose através do pecíolo de folhas destacadas de cevada e de espinafre, inibiu acentuadamente a evolução do oxigênio fotossintético, concomitantemente com o aumento do conteúdo de sacarose, amido, hexoses e frutose-2,6-bisfosfato e um decréscimo no teor de ortofosfato, um importante inibidor da fotossíntese (Foyer, 1988).

A exportação de sacarose das células do mesofilo para tecidos drenos, correlaciona-se positivamente com a taxa fotossintética e com a atividade da sintase da sacarose fosfato, e negativamente, com os teores de frutose 2,6-bisfosfato na folha (KERR E HUBER, 1987). Neste caso, parece que o fornecimento exógeno de sacarose leva a seu acúmulo no citosol, limitando a exportação e a utilização desse açúcar da folha, restringindo o metabolismo nos cloroplastos (FOYER, 1988).

Os resultados verificados por Rena e Fávoro (2000) comprovam a afirmação de que pulverizações até 1% de sacarose não devem funcionar como anti-transpirante, possivelmente, por não formar esta camada. Para várias culturas, tem-se observado uma forte inibição da fotossíntese pelo acúmulo de carboidratos (glicose, frutose e frutanas) (AZCÓN-BIETO, 1983; Foyer, 1988).

Em condições de desidratação, Segura-Monge (1989) verificou que cinco dias após a pulverização com sacarose a 15% e suspensão da rega, houve um decréscimo nos teores de açúcares solúveis totais nas

folhas das mudas de cafeeiros, atribuindo-se esse decréscimo à mobilização do açúcar para outras partes da planta ou ao seu envolvimento como substrato respiratório.

A elevação na atividade de enzimas que degradam a sacarose em folhas que receberam este carboidrato a 1% pode estar associada ao aumento na concentração do açúcar endógeno proporcionado por esta pulverização. Estes resultados demonstram que parte importante do açúcar “extra” foi assimilada na própria folha, uma vez que já está comprovado para outras espécies de plantas que, na maioria das vezes, a utilização da sacarose depende de sua clivagem em reação catalisada pelas invertases ou sintase da sacarose (AP REES, 1984; KRUGER *et al* 1990).

A importância dessas enzimas em tecidos com franca atividade de crescimento por quais hexoses são altamente exigidas como substratos para diversos processos metabólicos tais como glicólise, ciclo dos ácidos tricarbóxicos, biossíntese de amido, triacil glicerídeos ou outras moléculas do metabolismo primário e secundário, tem sido demonstrada (GAYLER e GLASZIOU, 1972; ISLA *et al*, 1992; HO, 1988;), como também a sintase da sacarose na expansão e divisão celular (WINTER e HUBER, 2000). Entretanto, não deve ser descartada a hipótese de que a outra fração desse açúcar pode ter sido exportada para tecidos drenos como as raízes, por exemplo.

Muitos são os trabalhos que usam a sacarose como fonte de adição de carbono, entre eles citamos aqueles que avalia eficácia da pulverização do cafeeiro com açúcar nos processos de tolerância à deficiência hídrica em mudas, e desintoxicação causada pelo glyphosate em plantas adultas (MARTIM, 2003). Este procedimento ainda é muito utilizado aplicando-se o açúcar juntamente com o produto químico com o intuito de adicionar carbono para repor o desgaste de prováveis fitotoxidades das folhas das culturas. Também é costume ser empregado a sacarose como adesivo para fixar o produto químico nas folhas.

Muitos são os cafeicultores que chegam a adotar determinadas técnicas de manejo que, na maioria das vezes, aumentam os custos de produção, sem, no entanto, conseguirem benefícios econômicos, apenas seguem o que outros produtores vêm fazendo sem nenhum embasamento científico. No caso da aplicação de solução de sacarose via

foliar, ela tem sido recomendada como uma fonte alternativa de carbono às plantas, com o objetivo de aumentar a produção. Entretanto, a maioria dos experimentos essa foi realizada em combinação com outros sais, não sendo possível verificar o seu efeito isoladamente (LIVRAMENTO, 2003).

Livramento (2003) também trabalhou com a aplicação de melão e verificou o efeito da pulverização da solução em pó comercial, em diversas combinações de época, na produtividade e nos teores de nutrientes foliares de cafeeiros. As avaliações realizadas foram de produtividade e teores de macro (N, P, K e Ca). Altas concentrações de pulverização (5 e 10%) contribuíram para menores teores de P, porém, ainda dentro da faixa nutricional adequada. Em todas as combinações de época e concentrações, o teor de S foi aumentado. Para pulverizações em maiores concentrações (5 e 10%) com menor frequência, ou um maior número de aplicações a 2% aumentaram os teores de K (LIVRAMENTO, 2006).

Autores como Souza (2011), testou outros cinco tipos de açúcares na aplicação via foliar em mudas em formação de cafeeiro. Os açúcares foram aplicados em solução de sacarose, solução de maltose, solução de glicose, solução de frutose e solução de manitol, todas a 1%. Neste experimento, o pesquisador avaliou a biomassa seca da raiz, caule, folha e total, além de variáveis como altura e área foliar. Ao concluir o trabalho notou-se que a maltose, que é um dissacarídeo, foi o açúcar que proporcionou maiores valores ou iguais aos demais tratamentos para as variáveis biométricas e de biomassa seca analisadas nas condições do experimento.

Outros estudos de aplicações de carbono em plantas

Os estudos com sacarose se intensificaram a partir destas pesquisas, e em muitos foram aplicados testes em várias estruturas da planta, como em embriões, não somente nas folhas a única fonte de absorção de carboidratos exógenos. O embrião, por sua vez, é órgão drenado de consumo de carbono (glicose) intenso na retomada de crescimento, e muitos açúcares são armazenados na forma de amido localizado nos endospermas das sementes e são liberados lentamente na camada de aleurona pelas enzimas invertases.

Em cafeeiros, Ribeiro *et al.* (2003) obtiveram êxito com o cultivo *in vitro* de embriões de frutos no estádio verde-cana, cultivados em meio MS, com 30 g L⁻¹ de sacarose no meio. Se o meio estiver deficiente ou abaixo dessa concentração de sacarose, formam-se plântulas disformes, com baixa probabilidade de sobrevivência, ou não germinam os embriões. Estes pesquisadores estudaram ainda o efeito de diferentes concentrações de sacarose no desenvolvimento *in vitro* de embriões de laranjeira ‘Pêra’, observando maior comprimento da parte aérea em meio MS, com 60 g L⁻¹.

Pereira *et al.* (2006) verificaram, em embriões de palmeira mururu (*Astrocaryum ulei* Burret), que a concentração de 15 g L⁻¹ de sacarose para embriões obtidos de frutos maduros foi suficiente para que se alcançassem os melhores índices de germinação. A sacarose é a fonte de energia mais comumente utilizada nos meios nutritivos, suportando as mais altas taxas de crescimento, na maioria das culturas. Os mesmos autores relatam que as concentrações mais apropriadas de sacarose que devem ser adicionadas ao meio de cultivo variam com a espécie, com o ambiente no qual serão mantidos os frascos, com o estádio da micropropagação e com a possibilidade de fornecerem-se outras fontes de carbono aos explantes.

Os estudos continuaram, e Jesus *et al.* (2011) testaram a influência das concentrações de sacarose e dos estádios de desenvolvimento do fruto do cafeeiro cv. Acaiá no crescimento e desenvolvimento das plântulas *in vitro*. Os tratamentos consistiram em combinação de concentrações de sacarose (0, 15, 30, 60, 90 e 120 g L⁻¹) e estádios de desenvolvimento do fruto (chumbinho, chumbo, verde, verde-cana, cereja e passa).

Os trabalhos desenvolvidos em aplicação via foliar já estavam sendo testados em meios de cultura e melhorando o processo de retomada de crescimento do embrião através de técnica de fornecimento de energia exógena, uma fonte de energia indispensável ao crescimento do vegetal.

Outras espécies de plantas também já estavam sendo testadas quanto à aplicação exógena de sacarose, entre elas canas-de-açúcar, na multiplicação *in vitro* de macieira (*Malus prunifolia* Willd, Borkh), bromélias, milho, várias plantas.

Considerações finais

O que se pode concluir sobre aplicação de carbono exógeno em plantas, principalmente via foliar, é que se deve ter cuidado nas recomendações devido às pesquisas ainda serem pouco consolidadas nestes aspectos de absorção. Pesquisas mais aprofundadas devem ser feitas para desvendar os processos fisiológicos e suas reações para este carbono extra nas células, de modo que o vegetal obtenha ganho com sua adição.

Referências bibliográficas

AP REES, T. **Sucrose metabolism**. In “**Storage Carbohydrates in Vascular Plants**” (D. H. Lewis, ed.), p.53-73. Cambridge University Press, Cambridge. 1984.

AZCÓN-BIETO, J., H. Lambers and D. A. Day. 1983. Effect of photosynthesis and carbohydrate status on respiratory rates and the involvement of the alternative pathway in leaf respiration. **Plant Physiol.** 72:598-603.

AZCÓN-BIETO. J. Inhibition of photosynthesis by carbohydrates in wheat leaves. **Plant Physiology**. V.73: p681-686, 1986.

CHOUREY, P. S. Genetic control of sucrose synthetase in maize endosperm. **Molecular Genetis and Genetics**. v.134. p.372-376, 1981.

FOYER. H. C.; Feedback inhibition of photosynthesis through source-sink regulation in leaves. **Plant Physiology**. Biochemistry, 1988, v.26(4), 483-492.

GARCIA, A. W. R; JAPIASSÚ; L. B. & FROTA, G. B. **Avaliação da absorção de macro e m icronutrientes, aminoácidos e açúcar na presença e ausência de surfactantes**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 25, 1999, Franca. **Anais**. Brasília: MAA_PROCAFÉ, 1999. p.325-328.

GAYLER, K. & GLASZIOU, K. Physiological function of acid and neutral invertases in growth and sugar storage in sugarcane. **Plant Physiology**. V.27, p.25-31, 1972.

HO, L.C. Metabolism and compartmentation of imported sugar in sink organs in regulation to sink strength. **Annual Review Plant Physiology** V.39. p.355-378,1988.

ISLA, M. I.; LEAL, D. P.; VATTUONE, M. A.; *et al.* Cellular localization of the invertase, proteinaceous inhibitor and lectin from potato tubers. **Phytochemistry**, v.31, p. 1115-1118, 1992.

JESUS M. A. S; VILLA, F; LARA, A. C. da C.; *et al.* **Avaliação do efeito das concentrações de sacarose e dos estádios de desenvolvimento do fruto no cultivo *in vitro* de embriões de frutos de cafeeiro.** Rev. Ceres vol.58 no.6 Viçosa Nov./Dec. 2011.

KERR P. S; HUBER S. C (1987). Coordinate control of sucrose formation in soybean leaves by sucrose phosphate synthase and fructose 2,6- bisphosphatase. **Planta**. 170: 197-204.

KRUGER, N. J. Dennis, D.T., & Turpin, D. M., Carbohydrate synthesis and degradation. In “**Plant Physiology, biochemistry and molecular biology**”. Longman, Harlow. p. 56-76, 1990.

LIMA, D. M; CUNHA, R. L; SILVA, B; MONTEIRO, J. V; MORAIS, A S; CARVALHO J. G. de & GUIMARÃES; R. J. **Efeito de adubações foliares em pré e pós-florada na cultura do cafeeiro.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEJEIRAS, 24, 1998, Poços de Caldas. **Anais...**Brasília: MAA-PROCAFÉ, 1998. p. 193-194.

LIVRAMENTO, D. E. **Pulverização de Cafeeiros (*Coffea Arabica* L.) com Melaço e seus Efeitos nos Teores de Nutrientes Foliares, Crescimento Vegetativo e Produtividade.** 2006. 59 f. Tese (Doutorado) - Ufla, Lavras, 2006.

LIVRAMENTO, D. E.; ALVES, J. D; BARTHOLO, G. F; *et al.* **Efeito da pulverização de solução de sacarose na produtividade de cafeeiros (*coffea arabica* L.).** TRABALHO APRESENTADO NO SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL (3. : 2003 : PORTO SEGURO, BA). RESUMOS. BRASÍLIA, D.F : EMBRAPA CAFÉ, 2003.

MANGINI, D; PAULA, M., B.; CARVALHO, J.G.; *et al.* **Efeito da aplicação de boro e zinco na presença de sacarose, uréia e cloreto de potássio via foliar na nutrição mineral de produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24, 1998, Poços de Caldas. **Anais.** Brasília:MAA_PROCAFÉ, 1998. p. 198-200.

MARTIM, S. A. **Pulverização do cafeeiro com açúcar: potencial de uso em mudas submetidas à deficiência hídrica e na recuperação de plantas atingidas por glyphosate.** Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras. Lavras: UFLA, 2003.

PEREIRA J.E.S, Maciel, T.M.S, Costa, F.H.S & Pereira M.A.A (2006) **Germinação in vitro de embriões zigóticos de murmuru (*Astrocaryum ulei*).** Ciência e Agrotecnologia, 30:251-256.

RENA, A. B., & FÁVARO, J. R. A. **Nutrição do cafeeiro via folha. Café-produtividade, qualidade e sustentabilidade.v.1.** p.149-208, 2000.

RENA, A.B. & FÁVARO, J.R.A. **Nutrição do cafeeiro via folha.** In: ZAMBOLIM, L., ed. **Café: Produtividade, qualidade e sustentabilidade.** Universidade Federal de Viçosa, p.149-208. 2000.

RIBEIRO L. S, Pasqual M, Maciel ALR, Chagas EA & Dutra LF (2003) **Desenvolvimento in vitro de embriões zigóticos de *Coffea arabica*.** Ciência e Agrotecnologia, Edição Especial, 27:1479-1483.

SANTINATO, R., FERNANDES, A. L. T., & PEREIRA, E.M. **Efeito do adubo foliar nutrintos na produção do cafeeiro em solo de cerrado.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24, 1998b, Franca. **Anais.** Brasília: MAA-PROCAFÉ, 1998b. p.63-64.

SEGURA-MONGE, A. **Efeito da pulverização com uréia, cloreto de potássio e sacarose sobre a transpiração, potencial hídrico e nitrogênio, potássio e açúcares nas folhas de *Coffea arabica* L. submetidas a déficit de água.** Viçosa: UFV, 1989.38p. (Tese de mestrado).

SILVA, J. C.; ALVES, J. D.; ALVARENGA, A. A. *et al.* **Atividade de invertases e sacarose sintase em plantas de cafeeiro pulverizadas com so-**

lução de sacarose. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)* [online]. 2003, vol.60, n.2, pp. 239-244. ISSN 0103-9016.

SILVA, J. C.; ALVES, J. D.; ALVARENGA, A. A.; *et al.* **Efeito da aplicação de açúcar no teor e no metabolismo de carboidratos em plantas de café com diferentes níveis de reservas de carbono.** In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 2000. p. 108-111.

SOUZA, L. H.; FIGUEIREDO, F. C. **Desenvolvimento de mudas de cafeeiro pulverizadas com diferentes açúcares.** In: Simpósio de Pesquisa dos cafés do Brasil (7. : 2011 : Araxá, MG). Anais Brasília, D.F: Embrapa - Café, 2011 (1 CD-ROM), 3p.

WINTER, H & HUBER, S. C. Regulation of sucrose metabolism in higher Plants: Localization and regulation of activity of key enzymes. **Critical Reviews in Plant Sciences.** V.19, p.31-67. 2000.

INOVAÇÕES NO CONTROLE DE PRAGAS AGRÍCOLAS

Aline do Carmo França Botelho¹

Juliana Luzia França Mesquita²

A sociedade atual exige demandas conflitantes sobre o meio ambiente, desejando cada vez mais produtos agrícolas, e, simultaneamente, também exige a conservação ambiental. O cerrado representa, para o Brasil e para o mundo, uma das últimas alternativas viáveis e com alto potencial de produção agrícola. Entretanto, sua utilização para este fim requer uma série de precauções e medidas que visem ao seu desenvolvimento sustentável. É imperativa a redução de impactos da agricultura convencional, tais como: a erosão, a perda de fertilidade dos solos, a destruição de florestas, a dilapidação do patrimônio genético e da biodiversidade, a contaminação dos solos e da água (MAROUELLI, 2003).

A implementação de monocultivos em grande escala tem provocado muitos agravos no que se refere às doenças e pragas resistentes e especializadas nas plantas cultivadas. A utilização excessiva de praguicidas de origem química, associado à falta de assistência técnica, não resolve o problema e pode acarretar danos à produtividade, ao ser humano e à natureza (BRECHELT, 2004).

O uso de agrotóxicos tem provocado consequências, como a contaminação dos alimentos, do solo, da água e dos animais. Além disso, há outros problemas como o fato de que os próprios agricultores sofrem efeitos como a intoxicação durante a aplicação, podendo ocorrer resistência de patógenos, de pragas e de plantas invasoras. Acrescenta-se o desequilíbrio biológico, com a eliminação de organismos benéficos e a redução da biodiversidade, que também podem ser destacados como agravos (WIT *et al.*, 2009; KORBES *et al.*, 2010).

¹ Doutora em Ciências (Parasitologia) pela Universidade Federal de Minas Gerais e Profa. do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Mato Grosso (ICBS/CUA- UFMT).

² Doutora em Ciências (Bioquímica) pela Universidade de São Paulo e Profa. do Centro Universitário do Planalto de Araxá.

O controle Biológico das Pragas

Uma das possibilidades existentes para a redução dos agroquímicos é a substituição, mesmo que gradativa, pelo controle biológico de pragas. Este pode ser conceituado como a regulação da população de insetos em níveis economicamente não prejudiciais, pelo uso de inimigos naturais, sendo uma estratégia utilizada tanto em sistemas agroecológicos quanto na agricultura convencional (GALLO *et al.*, 2002).

O controle biológico conservativo consiste na manipulação do ambiente produtivo para aumentar a sobrevivência e o desempenho dos inimigos naturais, favorecendo a redução das populações de suas presas, as pragas. Para isso, torna-se necessário a aplicação de práticas tais como: diversificação da vegetação na área cultivada, manutenção da vegetação natural, seleção de variedades e fornecimento de recursos suplementares, garantindo aos inimigos naturais fontes de alimento alternativo, áreas de refúgio e propiciar microclimas para condições adversas (VENZON *et al.*, 2006).

O controle biológico de insetos é uma técnica antiga. Desde o século III a.C., formigas predadoras eram utilizadas pelos chineses para controlar pragas em plantas cítricas. Na Arábia Medieval, os agricultores transportavam colônias de formigas predadoras para o controle de formigas fitófagas em palmáceas (CARVALHO, 2006).

Os entomopatógenos, predadores e parasitoides, constituem os principais grupos de inimigos naturais, que atuam na regulação populacional dos insetos-praga em muitos sistemas agrícolas (EVANGELISTA-JR *et al.*, 2006).

Os entomopatógenos são microrganismos como fungos, bactérias, vírus, protozoários, nematóides, rickétsias e mollicutes capazes de causar doenças nos insetos visando à manutenção da população das pragas em níveis não prejudiciais às práticas agrícolas (GALLO *et al.*, 2002).

Recentemente, têm surgido alguns bioinseticidas, à base de microrganismos entomopatogênicos, sendo as bactérias as mais produzidas, considerando a facilidade de fermentação em meio líquido e da formulação. Os vírus são muito específicos, mas apresentam como limitação o custo elevado para produção em grande escala e só ação via ingestão. Os protozoários apresentam baixa virulência e ação mais

lenta, enquanto os nematóides são restritos, necessitam de produção *in vivo* e têm alta sensibilidade ambiental. Os fungos invadem os insetos pela cutícula, mas dependem de fatores ambientais para iniciar a infecção. Vale salientar que quase todos ainda são produzidos artesanalmente, considerando que as empresas produtoras de bioinseticidas no Brasil são pequenas e com capital limitado, o que impede maiores investimentos em pesquisa e atrasa o desenvolvimento de novos produtos (ALMEIDA & BATISTA FILHO, 2006).

O predador é um organismo de vida livre que durante todo o ciclo de vida devora suas presas. Na entomologia, é usualmente maior que a presa e requer a morte de mais de um indivíduo para completar o seu desenvolvimento. Há relato de 32 famílias de insetos contendo predadores, dentre as quais, as consideradas principais são: Pentatomidae (percevejos), Reduviidae (percevejos zelus), carabidae (coleópteros), coccinellidae (coleópteros - joaninha), Chrysopidae (neurópteros - bicho lixeiro), Syrphidae (dípteros) e Formicidae (formigas) (GALLO *et al.*, 1988).

O parasitismo pode ocorrer nas diferentes fases de desenvolvimento da praga: ovo, ninfa, pupa e adulto. O inseto penetra na estrutura física do hospedeiro, normalmente matando-o após determinado tempo. As principais famílias de parasitoides são Hymenoptera: Braconidae, Cynipidae, Icneumonidae, Pteromalidae, Eulophidae e Tachinidae. Na ordem Diptera, a família Tachinidae pode ser destacada (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

No Brasil, o primeiro inseto introduzido para uso como agente de controle biológico foi o parasitoide *Prospaltella berlesei*, importado dos Estados Unidos em 1921, para o controle da cochonilha escama-branca do pessegueiro, *Pseudaulacaspis pentagona*. Em 1923, *Aphelinus mali*, introduzido do Uruguai para controlar o pulgão lanígero (*Eriosoma lanigerum*) seguido por *Prorops nasuta*, a vespa de Uganda, introduzida da África para controlar a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) no ano 1928 (PEREIRA *et al.*, 2007).

Ainda neste contexto, alguns exemplos de aplicação prática no Brasil são apresentados por Maracajá (2005), o parasitoide *Cotesia flavipes*, foi introduzido no país para controlar a broca da cana. O *Trissolcus basalís*, nativo do Brasil, é utilizado como controle do percevejo da soja. O *Trichogramma pretiosum* tem sido utilizado para controle da broca do tomate.

Além das formas de controle biológico citadas anteriormente, tem surgido o interesse pelo uso de extratos de plantas que apresentam atividade inseticida. Cada vez mais estão sendo estudadas e introduzidas nas propriedades agrícolas como alternativa de controle de pragas. As plantas são ricas em substâncias bioativas, que são, frequentemente, ativas contra número limitado de espécies. Muitas apresentam a vantagem de ser biodegradáveis e baixa ou nenhuma toxicidade aos mamíferos. Assim, são potencialmente candidatas a constituírem novas classes de agentes de controle de pragas de grande segurança (KIM *et al.*, 2003).

Controle de pragas de grãos armazenados

Considerando a sazonalidade da agricultura, o armazenamento é fundamental para o processo de comercialização, garantindo ampla disponibilidade do produto para atender ao consumo. As perdas de armazenamento afetam o produto final, pronto para a comercialização que, segundo Sinha (1995), atinge cerca de 30% em alguns casos, sendo 10% causados diretamente pelo ataque de pragas nos locais de armazenamento.

A qualidade dos grãos é um parâmetro bastante relevante para a comercialização e o processamento, podendo afetar significativamente o valor do produto. Apesar de toda a tecnologia disponível à agricultura brasileira, as perdas qualitativas e quantitativas, originadas durante o processo de pós-colheita, ainda não são bem controladas. Durante o armazenamento, os produtos agrícolas são constantemente submetidos a fatores prejudiciais, os quais podem ser físicos, como temperatura e umidade; químicos, como fornecimento de oxigênio, e biológicos, como bactérias, fungos, insetos e roedores (BROOKER *et al.*, 1992).

Os danos quantitativos caracterizam-se pela perda de peso provocada pelas galerias abertas nos grãos para alimentação; os qualitativos, pela diminuição do valor nutritivo dos grãos infestados e do grau de higiene do produto devido à presença de insetos, excremento e ovos (GALLO *et al.*, 2002).

Em termos mundiais, os prejuízos gerados por pragas e doenças são bastante elevados e, juntamente com plantas daninhas, chegam a causar perdas de 38% na produção. Levantamentos realizados no Brasil mostraram que as pragas já foram responsáveis por prejuízos de 2,2 bilhões de dólares nas principais culturas brasileiras (BENTO, 1999).

De acordo com Silva (2005), seis espécies de bruquíneos tornaram-se cosmopolitas devido ao comércio internacional e adquiriram importância econômica em todo o mundo. Fazem parte da família Bruchidae, carunchos que atacam principalmente sementes de leguminosas. Segundo Carvalho & Rosseto (1968), as espécies mais frequentes no Brasil são *Acanthoscelides obtectus* (Say) e *Zabrotes subfasciatus* (Boh). Mais recentemente, no Brasil, a espécie *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann) se destaca como a principal praga do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) (LAGARDA-DIAZ *et al.*, 2009). Vital e colaboradores (2004) destacam que *Sitophilus oryzae* também está entre as pragas mais destrutivas nas unidades de armazenamento de grãos de cereais, atacando principalmente o arroz armazenado.

As medidas de controle de pragas de grãos armazenados têm sido feitas, na maioria das vezes, com uso de inseticidas sintéticos. Na época da introdução desses inseticidas, não houve nenhum interesse em se estudar a biologia, a ecologia e o comportamento dos insetos. Vinte anos depois, das 204 espécies de pragas conhecidas, 137 já apresentavam algum tipo de resistência. Os diferentes tipos de resistência (comportamental, bioquímica e genética) levaram a grandes investimentos na pesquisa de novos inseticidas e a reiniciar os estudos entomológicos das espécies de importância sanitária e agrícola (NEVES, 2003).

O aumento do conhecimento dos prejuízos advindos do uso indiscriminado desses produtos e a preocupação dos consumidores quanto à qualidade dos alimentos têm incentivado estudos relacionados a novas técnicas de controle de pragas (TAVARES & VENDRAMIM, 2005). A utilização de extratos vegetais, como inseticida alternativo, é uma forma de controlar as pragas sem desencadear os graves problemas provocados pelos inseticidas sintéticos químicos (ALMEIDA *et al.*, 1999).

O uso de produtos naturais derivados de matéria-prima vegetal para controle de pragas vem crescendo consideravelmente. As plantas são ricas em substâncias que apresentam diferentes níveis de toxicidades, favorecendo o retardamento no desenvolvimento das pragas (SADEK, 2003).

Compostos de origem vegetal são isolados, sendo que terpenóides, limonóides, rocaglamidas, furanocumarina, cromenos, alcalóides e as acetogeninas apresentam propriedades inseticidas. Os monoterpênicos, presentes em óleos essenciais de muitas plantas, são compostos

de alto potencial para serem utilizados como interferência tóxica nas consequências fisiológicas e comportamentais dos insetos (PRATES & SANTOS, 2009). Os compostos bioativos produzidos pelos vegetais representam novas estratégias para o controle de pragas de importância econômica, pois possuem compostos de repelência, inibição do crescimento e também outras ações no organismo como antimicrobiana, entre outras, que justificam o uso destes compostos para o controle e manejo de pragas (CAVALCANTE *et al.*, 2006).

No caso dos produtos armazenados, a importância dos inseticidas naturais é ainda maior, visto que os resíduos químicos dos inseticidas sintéticos permanecem acumulados por mais tempo, pelo fato de praticamente não haver atividade metabólica no vegetal. Além disso, pela não ocorrência da ação de fatores climáticos, como chuva, sol, vento e outros, que poderiam reduzir um pouco os resíduos tóxicos, os riscos se tornam maiores. O emprego de inseticidas botânicos no controle de pragas de grãos armazenados apresenta perspectivas positivas em vista da possibilidade de se controlar as condições ambientais dentro das instalações de armazenamento, aumentando a atividade do inseticida. Nestes locais, os inseticidas botânicos podem ser empregados na forma de pós, extratos e óleos. O controle pode ser resultante da repelência ou toxicidade dos extratos botânicos, o que se reflete no menor crescimento da população do inseto, ocasionando menores perdas nos grãos armazenados (BARANEK, 2008).

Inseticidas e repelentes botânicos

O Brasil tem uma importante contribuição nas pesquisas com plantas com potencial inseticida devido à sua enorme biodiversidade. O país apresenta uma das maiores diversidades genéticas vegetais do mundo, de 350 mil a 550 mil espécies nativas conhecidas, 55 mil apresentam atividade biológica (NODARI & GUERRA 1999).

Alguns compostos com ação inseticida foram encontrados em inúmeras plantas, sendo eles: alcalóides, aminoácidos não-protéicos, esteróides, fenóis, flavonóides, glicosídeos, glucosinolatos, quinonas, taninos e terpenos (COATS, 1994).

Segundo Mazzonetto & Vendramim (2003), os inseticidas e repelentes naturais utilizados na forma de pós e extratos aquosos, por

serem de fácil obtenção e aplicação, constituem a melhor opção para o agricultor de baixa renda, que normalmente não dispõe de recursos econômicos e técnicos para aquisição e aplicação dos produtos sintéticos.

Kéita *et al.* (2001) referenciam estudos com extratos de origem vegetal e seus efeitos sobre diversas espécies de insetos-praga de sementes e grãos armazenados. Para o controle de carunchos (Coleóptera: Bruchinae), é conhecido o efeito inseticida de *Eucalyptus citriodora*, *Ruta graveolens* (MAZZONETTO & VENDRAMIM, 2003), *Piper nigrum* L., *Chenopodium ambrosioides* (CARVALHO, 2008) e *Rosmarinus officinalis* (GUERRA *et al.*, 2009).

Entre as plantas nativas do Brasil, destaca-se o gênero *Ocimum* que inclui aproximadamente 30 espécies, muitas delas usadas como medicamentos, ervas culinárias e para controle de insetos. Estas espécies são ricas em óleos essenciais (GRAYER *et al.*, 1996). Paula *et al.* (2003) relata a atividade repelente do óleo essencial de *Ocimum selloi* (manjeriço) contra insetos. Segundo Paula *et al.* (2004), o óleo essencial de manjeriço apresenta propriedades repelentes, pois reduz o número de picadas de *Anopheles braziliensis*. O uso do pó de manjeriço também é eficaz para repelir *S. oryzae* em grãos de arroz armazenado (MARTINS, 2011).

Segundo Bueno e Andrade (2010), os testes realizados a partir de óleos provenientes de citronela resultam em repelência expressiva contra o *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), com altos índices médios de proteção. A citronela também apresenta propriedades repelentes contra diversas espécies de insetos, incluindo pragas de importância agrícola como o caruncho (ROGER, 1998; FRANÇA, 2005). No controle de *S. oryzae* em grãos de arroz, a citronela apresentou-se com um índice de repelência e mortalidade eficazes (MARTINS, 2011).

Silva Júnior (1997), Kyamanywa *et al.* (1999), Lorenzi; Abreu-Matos (2000), Mazzonetto & Vendramim (2003) e Silva *et al.* (2003) mostraram o efeito tóxico da erva-de-santa-maria em relação aos coleópteros. A repelência e a mortalidade de *A. obtectus* e *S. oryzae* com o emprego de erva-de-santa-maria foi registrada por (CRUZ, 1965; SILVA JÚNIOR, 1997; KYAMANYWA *et al.*, 1999; LORENZI & ABREU-MATOS, 2000; MAZZONETTO & VENDRAMIM, 2003; FRANÇA, 2005 e MARTINS, 2011).

O eucalipto também apresenta o mesmo efeito sobre *A. obtectus*, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchinae) (MAZZONETTO & VENDRAMIM, 2003; BRITO *et al.*, 2006; BATISH *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2008) e *Sitophilus zeamais* (Coleoptera) (SANDI & BLANCO, 2007; NERIO *et al.*, 2009). O eucalipto também apresenta efeito repelente sobre *A. obtectus* e *S. oryzae* (MAZZONETTO & VENDRAMIM, 2003; MARTINS, 2011).

O alecrim atua no controle de muitas espécies de inseto (PAPACHRISTOS & STAMOPOULOS, 2002; KOSCHIER & SEDY, 2003; PRAJAPATI *et al.*, 2005). Ele é utilizado, por exemplo, como inseticida botânico no controle de *C. maculatus* (GUERRA *et al.*, 2009). Migliorini (2009) afirma que os extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), sálvia (*Salvia officinalis*), cravo (*Dianthus caryophyllus*) e eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) apresentam eficiência intermediária no controle de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae). Para o óleo essencial de folhas de *R. Officinalis*, outro estudo realizado por Born (2010) mostrou a atividade repelente contra fêmeas do ácaro rajado sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Os resultados dos testes de repelência com o alecrim em pó para o *S. oryzae* também indicaram repelência (MARTINS, 2011).

Os extratos de origem vegetal podem atuar diretamente na inibição da atividade das ATPases, enzimas que desempenham importantes funções celulares responsáveis pela manutenção e desenvolvimento da vida. Estudos desenvolvidos por Ping *et al.* (2004), demonstraram que o extrato de *Stellera chamaejasme* (planta típica da China), inibe a atividade $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -ATPase de gafanhotos. Extrato aquoso de Eucalipto, Erva-de-Santa-Maria e Alecrim inibem a atividade $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -ATPase de *Z. subfasciatus* (FRANÇA, 2009).

Em testes realizados com óleo de funcho para controle de pulgões em couve verificou-se mortalidade das ninfas de pulgões (LUCÇA, 2009). Resultado semelhante foi observado para *S. oryzae*, em que o funcho apresentou elevada taxa de mortalidade, embora tenha sido considerado atraente no teste de repelência (MARTINS, 2011).

Em estudos da atividade inseticida de extratos vegetais sobre adultos de *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae), Marcomini *et al.* (2009) verificou que os extratos etanólicos das folhas de *R.*

graveolens (arruda) indicaram propriedades inseticidas. O uso da arruda em pó também foi eficiente para o aumento da taxa de mortalidade de *S. oryzae* (BALMÉ, 2000; MARTINS, 2011).

Diante do exposto, nota-se que as pesquisas envolvendo o uso de repelentes e inseticidas botânicos avançaram consideravelmente, contudo, para o uso de inseticidas e/ou repelentes naturais em larga escala ainda há necessidade de elucidar aspectos importantes. Dentre eles, destacam-se a composição química, toxicidade ao homem e animais, preparo de formulações, custo em relação aos inseticidas sintéticos, além de uma melhor padronização de sua bioatividade e o estabelecimento de um controle de qualidade, para isso, é necessário um maior número de pesquisas na área.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, J. E. M.; BATISTA-FILHO, A. Microrganismos no controle de pragas. In: PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M. *et al.* **Controle Biológico de pragas: na prática**. Piracicaba: CP 2, 2006.

BALMÉ, F. As plantas medicinais como podem ser reconhecidas e para que servem. **Plantas medicinais**, Editora Hemus, 171p. 2000.

BATISH, D. R.; SINGH, H. P.; KOHLI, R. K. *et al.* Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. **Forest Ecology Management**, v. 256, p. 2166-2174, 2008.

BENTO, J. M. S. Perdas por insetos na agricultura. **Ação Ambiental**, v.4, p.19-21, 1999.

BORN, F.S.; ARAÚJO, M.J.C.; RIBEIRO, N.C. *et al.* Atividade repelente do óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* L. sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **X JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - JEPEX 2010 - UFRPE**: Recife, 18 a 22 de outubro 2010.

BRECHELT, A. **O Manejo Ecológico de Pragas e Doenças**. Editado por: Rede de Ação em Praguicidas e suas Alternativas para a América Latina(RAP-AL). Santa Cruz do Sul: Centro de Apoio ao Pequeno Agricultor, 2004.

BRITO, J. L.; OLIVEIRA, J.E.M.; BORTOLIS, S.A.; Toxicidade de óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. sobre *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.6, n. 1, p.96-103, 2006.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

BUENO, V. S.; ANDRADE, C.F.S. Avaliação preliminar de óleos essenciais de plantas como repelentes para *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v.12, n.2, p.215-219, 2010.

CARVALHO, L. H. T. **Atividade inseticida de pós vegetais e do gesso em relação ao caruncho do feijão *Zabrotes subfasciatus* (Coleóptera: Chrysomelidae: Bruchinae)**. Dissertação de mestrado. Curso de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Alagoas. 2008.

CARVALHO, R. P., ROSSETTO, L. Biologia de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleóptera: Bruchidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.13, p.105-117, 1968.

CARVALHO, R. S. **Biocontrole de moscas-das-frutas: histórico, conceitos e estratégias**. Circular técnica 83. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006.

CAVALCANTE, G. M.; MOREIRA, A. F. C.; VASCONCELOS, S.D. Potencialidade inseticida de extratos aquosos de essências florestais sobre mosca-branca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n. 1, p.9-14. 2006.

COATS, J. R. Risks from natural versus synthetic insecticides. **Annual Review of Entomology**, v.39, p.489-515. 1994.

CRUZ, G. L. Plantas medicinais. **Livro verde das plantas medicinais e industriais do Brasil**. Belo Horizonte. p.97-98. 1965.

EVANGELISTA JÚNIOR, W. S.; ZANUNCIO JÚNIOR, J. S.; ZANUNCIO, J. C. Controle biológico de artrópodes pragas do algodoeiro com predadores e parasitóides. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.10, n.3, p.1147-1165, 2006.

FRANÇA, J. L. **Avaliação da bioatividade de espécies vegetais como repelente e inseticida natural.** Monografia de conclusão de curso. Curso de Ciências Biológicas. UNIARAXÁ. 2005.

FRANÇA, J. L. **Purificação e caracterização parcial de ATPase de larvas de *Zabrotes subfasciatus* (Coleóptera: Chrysomelidae: Bruchinae) e modulação fitoterápica de sua atividade.** Dissertação de mestrado. Curso de Genética e Bioquímica. Universidade Federal de Uberlândia. 2009.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; *et al.* **Manual de entomologia agrícola.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1988.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; *et al.* Pragas agrícolas. **Entomologia agrícola.** FEALQ, 920p. 2002.

GRAYER, R.J.; KITE, G.C.; GOLSDSTONE, F.J.; *et al.* **Infraspecific taxonomy and essential oil chemotypes in sweet basil, *Ocimum basilicum*.** *Phytochemistry*, v.4, p.1033-1039. 1996.

GUERRA, A. M. N. M.; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. S.; *et al.* Atividade inseticida de plantas medicinais sobre o *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.146-150. 2009.

KÉITA, S. M.; VICENT, C.; SCHMIT, J.; *et al.* Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicu* and *O. gratissimum* applied as na insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus*. **Journal Stored Product Research**, v.37, n.4, p.339-349. 2001.

KIM, S. I.; ROH, J. Y.; KIM, D. H.; *et al.* Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. **Journal of Stored Products Research**, v.39, p.293-303, 2003.

KORBES, D.; SILVEIRA, A. E.; HYPPOLITO, M. A.; *et al.* Alterações no sistema vestibulococlear decorrentes da exposição ao agrotóxico: revisão de literatura. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia [online]**, v.15, n.1, p. 146-152, 2010.

KOSCHIER, E.; SEDY, K. Labiate essential oils affecting host selec-

tion and acceptance of Thrips tabaci Lindeman. **Crop Protection**, v.22, p.929-934. 2003.

KYAMANYWA, S.; BISIKWA, J.; AYESIGA, R. Effect of kawunyila (*Chenopodium sp.*) and other traditional storage protectants on population of bean bruchids (*Acanthoscelides obtectus*) and their damage on stored beans. **African Crop Science Journal**, v.7, p.207-215. 1999.

LAGARDA-DIAZ, I.; GUZMAN-PARTIDA, A. M.; URBANO-HERNANDEZ, G.; *et al.* Insecticidal action of PF2 lectin from *Oleynya tesota* (Palo Fierro) against *Zabrotes subfasciatus* larvae and midgut glycoconjugate binding. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.28, n.57(2), p.689-694. 2009.

LORENZI, H.; ABREU MATOS, F. **Plantas Daninhas do Brasil**. Editora: Nova Odessa. São Paulo. 104p. 2000.

LUCCA, P.S.R. **Potencial inseticida de extratos de funcho, erva-doce, cravo da Índia e do preparado homeopático para controle de pulgão em couve**. Tese em pós graduação em Engenharia agrícola, Unioeste-Cascavel, Paraná, 2009.

MARACAJÁ, P. B.; OSUNA, E.V.; ÁLVAREZ, C.S. Vírus da Poliedrose Nuclear de *Agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller, 1775) (VPNAs) e sua produção em hospedeiros primário e alternativos *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) e *Peridroma saucia* (Hubner, 1808). **Revista Caatinga**, v.12, n.1/2, p.49-54, 1999.

MARCOMINI, A. M.; ALVES, L. F. A.; BONINI, A. K.; *et al.* Atividade inseticida de extratos vegetais e do óleo de nim sobre adultos de *Aphitobius diaperinus panzer* (Coleóptera, Tenebrionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.76, n.3, p.409-416, 2009.

MARQUELLI, R. P. **O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro**. Monografia (Especialização em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) ISEA-FGV, Brasília, 2003.

MARTINS, J. N. **Controle de *Sitophilus oryzae* (coleóptera: curculionidae) em grãos de arroz utilizando espécies vegetais** Monografia de conclusão de curso. Curso de Ciências Biológicas. UNIRAXÁ. 2011.

- MAZZONETTO, F.; VENDRAMIM, J. D. Effect of powders from vegetal species on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) in stored bean. *Neotropical Entomology*, v.32, n.1, p.145-149. 2003.
- MIGLIORINI, P.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Eficiência de extratos vegetais no controle de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae), em laboratório. **Revista Biotemas**, v.23, n.1. 2010.
- NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. E. Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). **Journal of Stored Products Research** In press. p.1-3. 2009.
- NEVES, D. P. **Controle de Insetos. Parasitologia humana**. Editora Atheneu. São Paulo, 387p. 2003.
- NODARI R. O.; GUERRA M. P. Biodiversidade: Aspectos Biológicos, Geográficos, Legais e Éticos. In: Simões *et. al.* (Ed.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**, Porto Alegre/ Florianópolis: Ed. Universidade/ UFRGS/ Ed. da UFSC, 11-24p. 1999.
- OLIVEIRA, A. M.; MARACAJÁ, P. B.; DINIZ-FILHO, E. T. D.; *et al.* Controle biológico de pragas em cultivos comerciais como alternativa ao uso de agrotóxicos. **Revista Verde (Mossoró - RN - Brasil)**, v.1, n.2, p.01-09, 2006.
- PAPACHRISTOS, D. P.; STAMOPOULOS, D. C. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Stored Products Research**, v.38, p.117-128. 2002.
- PAULA, J.P.; FARAGO, P. V.; CHECCHIA, L.E.M.; *et al.* Atividade Repelente do Óleo Essencial de *Ocimum selloi* Benth. (variedade eugenol) contra o *Anopheles braziliensis* Chagas. **Acta farmaceutica bonaerense**, v.23, n.3, p.376-378. 2004.
- PEREIRA, A. C. R. L.; OLIVEIRA, J. V.; JUNIOR, M. G. C. G.; *et al.* Atividade inseticida de óleos essenciais e fixos sobre *Callosobruchus maculatus* (FABR., 1775) (Coleoptera: Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) WALP.] **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.3, p. 717-724. 2008.

PEREIRA, A. I. A.; CURVELO, C. R. S.; *et al.* **Controle biológico na agricultura: fundamentos & aplicações.** Areia - PB: Movimento agroecológico, 2007.

PING, G.; YANPING, L.; SHIGUI, L. Effect of dp-B on ATPase activity of insect plasma membrane. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v.80, p.157-162. 2004.

PRAJAPATI, V.; TRIPATHI, A. K.; AGGARWAL, K. K.; *et al.* Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. **Bioresource Technology**, v.96, p.1749-1757. 2005.

PRATES, H. T.; SANTOS, J. P. Óleos essenciais no controle de pragas de grãos armazenado. In: RESTELLO, R. M.; MENEGATTI, C.; MOSSI, A. J.; Efeito do óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae); **Revista Brasileira de Entomologia**, v.53, n.2, p. 443-461. 2009.

ROGER, J. D. P. **Enciclopédia das Plantas Medicinais.** Editora Planeta do Brasil. P.304-305. 1998.

SADEK, M. M. Antifeedant and toxic activity of *Adhatoda vasica* leaf extract against *Spodoptera littoralis* (Lep., Noctuidae). **Journal of Applied Entomology**, v.127, p.396-404. 2003.

SANDY, J. T. T.; BLANCO, R. F. Atividade inseticida do óleo essencial obtido de eucalipto, *Eucalyptus globulus* Labill (MYRTACEAE), sobre o gorgulho do milho, *Sitophilus zeamais*, (Coleoptera: Curculionidae). **Biology & Health Journal**, v.1, p.93-100. 2007.

SILVA JÚNIOR, A. A. **Plantas medicinais e aromáticas.** Itajaí - SC. Apoio MMA - Secretaria da Agricultura e do Desenvolvimento Rural. 1997.

SILVA, G.; LAGUNES, A.; RODRÍGUEZ, J. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) com polvos vegetales solos y em mesclas com carbonato de cálcio em maiz almacenado. **Ciencia e Investigación Agraria**, v.30, n.3, p.153-160. 2003.

SILVA, J. A. P. **Morfologia comparada e análise cladística do grupo merobruchus (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae: Bruchini:**

Acanthoscelidina). Tese de doutorado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Entomologia da Universidade Federal do Paraná. 2005.

SINHA, R. N. The stoced-jeain ecosystem. In: JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; MUIZ, W. E. (eds) **Stoced-jeain ecosystems**. New York: M. Dekker, 1995.

TAVARES, M. A. G. C.; VENDRAMIM, J. D. Bioatividade da Erva-de-Santa-Maria, *Chenopodium ambrosioides* L., sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v.34, n.2, p.319-323. 2005.

VENZON, M.; ROSADO, M. C.; EUZÉBIO, E. D.; *et al.* Controle biológico conservativo. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa: EPAMIG, 2006.

VITAL, M. V. C.; *et al.* Insetos em experimentos de ecologia de populações: um exemplo de abordagem didática. **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 3, p. 287-290. 2004.

WIT, J. P. W.; KIEVITSBOSH, R. A.; BETTIOL, W. Integração de métodos físicos e biológicos para o controle de doenças e pragas em lírio e espatifilo. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A.B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009.

NOVAS TECNOLOGIAS PARA O PREPARO DO SOLO NA CANA-DE-AÇÚCAR

Halan Vieira de Queiroz Tomaz¹

O setor sucroenergético está em plena ascensão em função da forte demanda interna e externa, cenário que deve ser mantido ao longo de vários anos, o que é justificado pela expansão da capacidade produtiva existente e pela implantação de novas unidades produtoras, bem como melhoria tecnológica no processo de produção de cana-de-açúcar.

A implantação de uma lavoura de cana-de-açúcar envolve uma série de cuidados por se tratar de uma cultura semi-perene. Para que a colheita, principalmente a mecanizada, seja bem sucedida, é preciso atentar-se ao plantio, uma vez que a longevidade do canavial depende da interação entre estas duas operações. Muitos são os fatores que interferem na qualidade do plantio e conseqüentemente na produtividade da cultura, desde o preparo do solo, época de plantio, escolha da variedade, qualidade e idade da muda, e paralelismo das fileiras de plantio.

A cana-de-açúcar possui o potencial de ter uma vida útil de 30 cortes enquanto que temos em média 5 cortes, o que se torna uma meta tangível aumentar a longevidade do canavial. Para isso, o sistema de produção deve-se ater ao pisoteio das soqueiras, aumentar o sistema radicular pelo perfil do solo e melhorar a infiltração da água. Isso somente é viabilizado com o ajuste dos recursos mecânicos às necessidades agronômicas.

O uso intensivo de maquinário pesado, como ocorre na lavoura canavieira, pode causar alterações no solo, que podem levar a decréscimos na produção agrícola e ainda predispor o solo à erosão. Sendo assim, é de grandiosa importância se fazer um bom preparo de solo, antes da introdução da cultura utilizada na reforma do canavial, pois na maioria das vezes, o solo não é preparado novamente para o plantio da cana-de-açúcar em sucessão.

Proporcionar condições ótimas ao desenvolvimento das plantas deve ser sempre uma das premissas do preparo de solo. A descompactação do solo, que é um dos principais objetivos do preparo do solo, faci-

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Fitotecnia, Doutorando - Esalq/USP.

lita o desenvolvimento radicular das plantas, eleva a taxa de infiltração e a capacidade de armazenamento de água.

Importância do crescimento radicular em profundidade

No cultivo da cana-de-açúcar, há registros de elevadas produtividades que tornam importante compreendermos os seus fatores envolvidos para promover o progresso da produção. Na Austrália há registros de produtividade de 250 t ha⁻¹ na Colômbia, de 219 t ha⁻¹ na África do sul, de 200 t ha⁻¹, e canaviais com 30 anos de idade, enquanto que a produtividade brasileira média em 2009 foi de 80 t ha⁻¹ (FNE, 2011).

Um dos fatores envolvidos na diferença do potencial produtivo com o obtido em campo se deve aos estresses abióticos como o fornecimento de água, nutrientes e a aeração do solo. Todos esses estão associados com a atividade metabólica da raiz a qual desempenha função primordial para manter a taxa fotossintética e o metabolismo da planta em níveis adequados.

Thompson (citado em GASHO & SHIH, 1983) menciona que as raízes da cana chega a 4 metros de profundidade em solos arenosos e complementa que essas a 180 cm de profundidade são capazes de absorver água mesmo com uma boa disponibilidade hídrica na superfície do solo. Tokeshi (1991) observou que as plantas que demonstraram maior tolerância à seca apresentavam raízes até 2,4 metros em profundidade em detrimento de 1,8 metros, isso tornava disponível 40mm a mais de água para a planta. E há registros de que as raízes da cana-de-açúcar podem chegar a 8 metros de profundidade.

Para promover o crescimento radicular devemos ter boas condições químicas, físicas e biológicas. No que se refere à qualidade física do solo, os indicadores de resistência à penetração e à aeração do solo são medidas consolidadas na avaliação do solo. Em milho, quando temos uma resistência de 1 Mpa, temos 90% da sua capacidade máxima de crescimento radicular e essas quando vai para 1,5 Mpa, temos 30% de seu potencial (BENNIE, 1996). De modo frequente encontramos camadas compactadas a 40cm de profundidade, o que indica uma oportunidade de melhoria.

Além das características físicas, devemos procurar retirar os impedimentos químicos existentes no solo. O cálcio e o boro são elemen-

tos que não são translocados no floema, e devemos dispô-los na ponta da raiz. Outro elemento para qual devemos nos atentar é o alumínio, visto que uma saturação de alumínio acima de 30% acarreta efeitos perniciosos no desenvolvimento das plantas.

Um dos motivos do aumento de produtividade, quando se tem raiz em profundidade, deve-se ao fato de aumentar a tolerância aos estresses hídricos. Para cada quilo de matéria seca produzida são necessários em torno de 500 litros de água, isso é, para desenvolver uma agricultura de alta produtividade é necessário que o solo disponha uma boa quantidade de água e as raízes estejam aptas a absorvê-la.

Portanto, um dos meios eficientes para melhorar a absorção de água é aumentar as raízes em profundidade. Os horizontes subsuperficiais apresentam uma grande disponibilidade hídrica e as raízes das plantas possuem a capacidade dessas regiões em profundidade. Sharp & Davis (1985) citam que as raízes abaixo de um metro de profundidade constituem 3% de seu total, porém esse percentual é responsável por 20% da demanda hídrica da planta. Devido às oportunidades de melhoria em termos de aeração, correção de cálcio, boro e fósforo e atividade biológica, pode-se ir além dessas quantidades de raízes em profundidade.

Mesmo em condições irrigadas, as raízes em profundidade tornam-se importantes para conseguir atender à demanda da planta nesses momentos de alta demanda hídrica. As altas temperaturas das 12h até às 15h são suficientes para aumentar a transpiração num nível que pode levar a estresses hídricos pontuais. A soma dessas estresses diários afeta o resultado final em termos de produtividade.

Sistemas de preparo de solo

Os diferentes implementos disponíveis para o preparo do solo provocam alterações nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Cada implemento trabalha o solo de maneira própria, alterando, de forma diferenciada, estas propriedades.

SOUZA *et al.* (2004) destacam que o cultivo inadequado pulveriza a superfície dos solos, deixando-os mais susceptíveis ao processo de erosão e propicia a formação de impedimentos físicos logo abaixo das camadas movimentadas pelos equipamentos.

Assim, a utilização de sistemas de preparo com mínimo ou nenhum revolvimento do solo tem sido cada vez mais utilizado, por promover inúmeros benefícios, como: melhoria da estrutura, porosidade, retenção e infiltração da água no solo (BAYER, 1996); atividade biológica; conteúdo de carbono orgânico e nitrogênio total do solo, capacidade de troca de cátions e conteúdos de nutrientes.

Solos compactados apresentam condições desfavoráveis para o crescimento radicular, pois, o aumento da resistência à penetração reduz o número de macroporos, os quais são mais rígidos e também apresentam drenagem reduzida, deficiente capacidade de troca de gases e, portanto, menos oxigênio chega à superfície das raízes.

A realização de um preparo de solo baseado em revolvimento com arado e destruição dos agregados do solo em área total facilita a formação de camada compactada abaixo da camada arável (TOKESHI *et al.*, 1997). Intensa desestruturação do solo e a subsequente movimentação vertical de argilas, seguida de deposição na subsuperfície, provoca a formação dessa camada, logo abaixo do volume de solo arável (CARVALHO JÚNIOR, 1995). Como essa camada possui menor permeabilidade, além de tornar o solo mais suscetível à erosão, proporciona o acúmulo de água na região das raízes, formando um ambiente redutor, com possibilidade de profundas alterações químicas e biológicas.

Com a finalidade de oferecer condições físicas, químicas e biológicas suficientemente adequadas para a cultura da cana-de-açúcar, se desenvolveu o conceito de “preparo vertical” ou “profundo” de solo (Figura 1). Esse sistema consistiu no uso de implementos de ação profunda (Figura 2), tráfego dirigido, cultivo preciso, correção química (60 cm) e física do solo a 80 cm de profundidade, para alívio das camadas compactadas do solo criadas pelo longo período de utilização do preparo convencional.

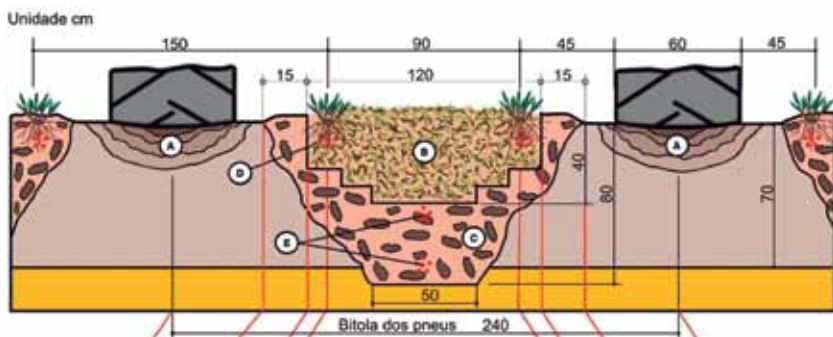


Figura 1 - Demonstração do Preparo Profundo aliado ao espaçamento duplo. A) Bitola dos pneus; B) Possibilidade de incorporação de material vegetal; C) Descompactação do solo; D) Distribuição do adubo próximo às raízes; E) Distribuição de gesso em profundidade.



Figura 2 - Subsolador que alcança até 80 cm de profundidade. A) Haste do subsolador; Destaque para as estruturas que distribuem o gesso em profundidade.

O tráfego dirigido pode ser considerado como uma ferramenta promissora para minimizar a compactação do solo. Esse sistema restringe o trânsito do rodado a determinadas ruas, com diminuição da compactação e, potencialmente, promove o desenvolvimento da cultura (YOUNG, *et al.*, 1993). Por meio desse sistema, foram obtidos aumentos no rendimento de cereais, batata e gramíneas (DOUGLAS; CAMPBELL; CRAWFORD, 1992).

Com a utilização do dirigido, obteve-se um rendimento na produção de batata 18% superior ao sistema convencional, devido à maior porosidade do solo ao ar nas épocas úmidas e menor resistência à penetração nas épocas secas (DICKSON; CAMPELL; RITCHIE, 1992). Durante a colheita, o sistema convencional produziu 34% mais torrões. Em outras avaliações, nesse mesmo experimento, a área foliar e a massa de matéria seca de folhas, caules e tubérculos foram consistentemente maiores no tráfego dirigido (YOUNG *et al.*, 1993). Os autores também encontraram interceptação de radiação 5% maior pelas plantas no tráfego dirigido em comparação ao convencional, estando esses parâmetros relacionados ao aumento da produtividade.

Em relação à cana-de-açúcar, estudos têm sido desenvolvidos como tese de doutorado e resultados significativos encontrados quanto à redução de custos no momento do preparo do solo, melhoria na resistência do solo à penetração, macroporosidade e densidade do solo, quantidade de raízes (Figura 3), melhor desenvolvimento da cultura e também maior longevidade do canavial.

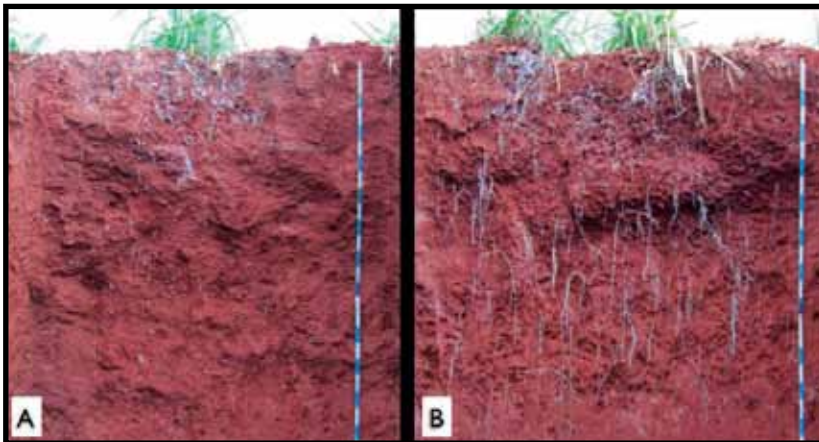


Figura 3 - Trincheiras com mais de 2 metros de profundidade para demonstrar o desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar no preparo de solo convencional (A) e no sistema de preparo profundo (B).

Outro importante benefício do tráfego dirigido é o incremento do número de dias em que o solo está apto para ser trabalhado. De acordo com Young, *et al.* (1993), durante o período de seu trabalho, as condições físicas do solo no sistema de tráfego dirigido permitiram o início

das atividades mecanizadas cinco dias antes em comparação ao sistema convencional, embora o solo sob tráfego dirigido se apresentasse mais úmido. Isso é de considerável importância prática no campo, em que é comum a realização do preparo de solo sob condições inadequadas de umidade devido ao pequeno intervalo de dias secos na época chuvosa.

Para viabilizar o Preparo Profundo com o plantio mecanizado é importante que a implementação do traçado já seja realizada no momento do preparo do solo. Para isso, torna-se necessário observar os seguintes pontos:

- redução do patinamento;
- ajustes da bitola para 2,5m de centro a centro dos pneus;
- treinamento dos operadores de preparo do solo para a implantação dos traçados da plantadora;
- ter como referência de plantio o traçado que está sendo implantado;

A importância do espaçamento duplo

A adoção de espaçamentos mais estreitos traz alguns problemas para as operações mecanizadas, em especial no que diz respeito à estabilidade dos maquinários e danos à cultura durante as operações, principalmente a dificuldade no momento do plantio e da colheita. Além disso, tem que se considerar a questão das máquinas e implementos atuais dos produtores e usinas envolvidos na produção de cana, cuja renovação não é simples e imediata, visto os altos investimentos já realizados. Torna-se necessário, portanto, um sistema que incorpore os ganhos de produtividade dos menores espaçamentos com a questão operacional de produção.

Segundo Stolf *et al.* (1987), apesar do estreitamento do espaçamento entre fileiras de cana-de-açúcar até certos limites (0,60 m) resultar em aumentos de produtividade, a mecanização das operações seria dificultada, tendo em vista que a diminuição das bitolas acarretaria em diminuição da estabilidade das máquinas envolvidas. Para os autores, espaçamentos menores que 0,90 m são limitantes à mecanização em cana-de-açúcar.

Vale também salientar que com o tráfego dirigido, houve a possibilidade de implementar as fileiras duplas (espaçamento de 1,5 x 0,9 m) que, além de uma população maior de plantas e consequentemente

uma maior produtividade, resolveu um problema antigo da colheita mecanizada. Quando se usava o espaçamento simples de 1,5 m entre fileiras, ocorriam duas situações com bastantes perdas no campo. A primeira é que se colhia apenas uma fileira por vez, fazendo aumentar muito os custos nesta operação ou, então, se ajustava o máximo a bitola da colhedora para que a mesma conseguisse colher duas fileiras espaçadas de 1,5 m. Nessa segunda situação havia muitas perdas de colmo na área, pois com o passar dos anos, as fileiras tendem a perfilharem para as laterais e, com isso essa colheita de duas fileiras ao mesmo tempo ficava cada vez mais comprometida.

Com esse novo método de preparo do solo, foi possível tranquilamente implementar o espaçamento duplo, pelo qual as fileiras ficam espaçadas 0,9 m, justamente a mesma largura que o dreno trabalha no solo. Portanto, se antes se tinha dificuldade para colher a 1,5 m, agora a 0,9 m o rendimento aumentou significativamente, além da redução de perdas de colmos que existiam.

Portanto, os objetivos com a adoção do sistema são: a) maior controle de tráfego no talhão; b) colheita simultânea de duas fileiras; c) diminuição da distância percorrida pelos maquinários na área; d) melhora da eficácia do corte basal; e) aumento da longevidade e produtividade do canavial; f) viabilização de colhedoras e demais máquinas e implementos da frota utilizadas no processo, sem que haja necessidade de novos investimentos; g) aumento dos rendimentos operacionais e diminuição dos custos operacionais.

Furlani Neto (2009) ressalta o espaçamento duplo alternado como sendo uma ótima alternativa para o controle de tráfego, resultando simultaneamente em menores distâncias percorridas pelas máquinas e maiores valores quanto a metros de sulco por hectare, conforme Tabela 01, que confronta tais informações para os principais tipos de espaçamentos utilizados no Centro-Sul canavieiro.

Tabela 01 - Metros de sulco por hectare e distância percorrida pela colhedora de acordo com espaçamento adotado

Espaçamento (metros)	Tipo	Metros de sulco por hectare	Distância percorrida pela máquina (metros/hectare)
1,5	Simples	6.666	6.666
1,5 x 0,90	Duplo	8.332	4.166

Fonte: Furlani Neto (2009), adaptado pelo autor.

As principais vantagens acerca do preparo profundo combinado com o espaçamento duplo são: a) maior possibilidade da preservação das soqueiras, b) maior volume de exploração radicular; c) maior eficiência de absorção do fertilizante; d) maior longevidade do canavial; e) redução de operações no momento do preparo do solo; f) melhor trafegabilidade dos equipamentos mecanizados; g) maior capacidade da colhedora; h) menor consumo de diesel por tonelada colhida; i) menor quebra dos equipamentos; j) menor velocidade de operação/menor risco de dano às soqueiras e, k) preservação dos sulcos de 0,90 m.

Esse é um novo padrão na indústria canavieira que, com certeza, veio para ficar, desde meados dos anos 2010 que a maioria das usinas do Centro-Sul do país adotam esse espaçamento duplo nos seus canaviais. À medida que o conceito vem se difundindo, aumenta também a adoção do preparo profundo do solo.

Referências bibliográficas

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 241 p. (Tese de Doutorado em Agronomia).

BENNIE, A. T. P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A. & KAFKAFI, U., eds. **Plant roots: The hidden half**. New York, Marcel Dekker, 1996. p.453- 470.

CARVALHO JÚNIOR, I. **Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudo de camadas compactadas e/ou adensadas em latossolo de textura média, sob diferentes usos**. 1995. 83 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

DICKSON, J. W.; CAMPBELL, D. J.; RITCHIE, R. M. Zero and conventional traffic systems for potatoes in Scotland, 1987-1989. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.24, p.397-419, 1992.

DOUGLAS, J. T.; CAMPBELL, N. J.; CRAWFORD, C. E. Soil and crop responses to conventional, reduced ground pressure and zero traffic systems for grass silage production. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 24, p. 421-439, 1992.

FURLANI NETO, V. L. Proposta de espaçamentos para mecanização em solos de baixa fertilidade - Ambientes C, D, e E. In: **SEMINÁRIO DE MECANIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR**, 11., 2009, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto, 2009.

GASCHO, G. J. & SHIH, S.F Sugarcane. In: TEARE, J. D. & PEET, M. M., ed. **Crop-Water Relations**. New York, 1983. p. 445-479.

STOLE, R.; FURLANI NETO, V. L.; CERQUEIRA LUZ, P.H.; Nova metodologia de mecanização a espaçamentos estreitos em cana-de-açúcar. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 7, n. 32, p. 14-33, jan./fev. 1987.

TOKESHI, H. Micronutrientes na cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M.; CRUZ, M.C.P. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: **Potafós**, 1991. 734 p.

TOKESHI, H.; ALVES, M. C.; SANCHES, A. B.; HARADA, D. Y. Controle de *Sclerotinia sclerotiorum* com microrganismos eficazes. **Summa Phytopathologica**, v. 23, p. 146-154, 1997.

YOUNG, I. M.; BENGOUGH, A. G.; MACKENZIE, C. J.; DICKSON, J. W. Differences in potato development (*Solanum tuberosum* cv. Maris Piper) in zero and conventional traffic treatments are related to soil physical conditions and radiation interception. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 26, p. 341-359, 1993.

NUTRIÇÃO E FITOSSANIDADE

Renato Fonseca de Paiva¹

Relação entre susceptibilidade a pragas e doenças e estado nutricional das plantas

As plantas podem responder de diferentes maneiras à presença de pragas e patógenos em seus tecidos. O estado nutricional em que se apresentam relaciona-se diretamente às respostas por elas expressadas. O desequilíbrio nutricional, seja por excesso ou falta de determinados nutrientes, favorece o estabelecimento de enfermidades e ou pragas conforme o(s) nutriente(s) em desequilíbrio nos tecidos do vegetal. Dessa forma, devido ao seu efeito no padrão de crescimento, na morfologia e na anatomia, e particularmente na composição química da planta, os nutrientes minerais podem aumentar ou diminuir a resistência das plantas às pragas e às doenças.

Resistência é principalmente determinada pela capacidade do hospedeiro em limitar a penetração, desenvolvimento, reprodução do patógeno invasor ou limitar a alimentação de pragas sobre ele. Tolerância é a capacidade do hospedeiro em manter seu próprio crescimento e desenvolvimento mesmo com a presença do patógeno infectante ou presença da praga. A resistência pode ser aumentada por mudanças na anatomia (por exemplo: células epidérmicas mais espessas e maior grau de lignificação e/ou silicificação) e mudanças nas propriedades fisiológicas e bioquímicas (por exemplo: maior produção de substâncias repelentes ou inibidoras). A resistência pode ser particularmente aumentada pela alteração nas respostas da planta aos ataques parasíticos através do aumento da formação de barreiras mecânicas (lignificação) e da síntese de toxinas (fitoalexinas) (MARSCHNER, 2012).

De acordo com o mesmo autor, existe pouca informação sobre o efeito do estado nutricional da planta nos mecanismos de defesa contra bactérias e vírus. No caso das doenças fúngicas nas superfícies de raízes e folhas, a proteção através da nutrição mineral balanceada seria o resultado de:

¹ Eng. Agrônomo Mestre, Pesquisador - Produquímica Indústria e Comércio S/A. Departamento de Desenvolvimento Técnico MG/ES/RJ. Av. Comandante Vicente Torres n° 742 CEP 38706-178, Patos de Minas-MG.

- eficiente barreira física, evitando a penetração das hifas, através de cutícula espessa, lignificação e/ou acumulação de silício na camada de células epidérmicas;
- melhor controle da permeabilidade da membrana citoplasmática, evitando assim a saída de açúcares e aminoácidos (de que se nutrem os patógenos) para o apoplasto, ou espaço intercelular;
- formação de compostos fenólicos, com distintas propriedades fungistáticas.

O papel de alguns nutrientes na resistência das plantas aos patógenos.

Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Silício.

Quando o suprimento de N é alto, há então alta demanda de carbono da fotossíntese via ciclo de Krebs, ficando, assim, comprometida a síntese dos metabólitos secundários pela via do ácido chiquímico. Esse menor aporte de compostos oriundos do metabolismo secundário da planta prejudica sua resistência a situações de estresse como ataque de pragas e doenças. Em condições limítrofes de nitrogênio ocorre o oposto, com a formação de amplo pool destes metabólitos secundários sendo eles: Terpenos (piretróides, óleos essenciais, cardenolídeos, saponinas), compostos fenólicos (lignina, fitoalexinas, taninos) e compostos nitrogenados (alcaloides, glicosídeos cianogênicos, glucosinatos, aminoácidos não protéicos). Assim, enquanto aplicações supra-ótimas de P e de K são comumente sem efeito nas doenças, já o excesso de nitrogênio pode favorecer doenças fúngicas, principalmente nos casos onde P e K estiverem em níveis baixos (YAMADA, 2004).

A alta concentração de nitrogênio reduz a produção de compostos fenólicos (fungistáticos) e de lignina das folhas, diminuindo a resistência aos patógenos obrigatórios, mas não aos facultativos. Como regra, todos os fatores que favorecem as atividades metabólicas e de síntese das células hospedeiras (por exemplo: adubação nitrogenada) também aumentam a resistência aos parasitas facultativos, que preferem tecidos senescentes. O nitrogênio aumenta também a concentração de aminoácidos e de amidas no apoplasto e na superfície foliar, que

aparentemente têm maior influência que os açúcares na germinação e no desenvolvimento dos conídios, favorecendo o desenvolvimento das doenças fúngicas (MARSCHNER, 2012).

Com relação ao fósforo, apesar de não apresentar ligação direta com a fitossanidade, parece que seu aporte adequado favorece o desenvolvimento dos tecidos vegetais. Graham (1983) menciona que o maior vigor das plantas com níveis adequados de P permite que elas superem as doenças, uma vez que as membranas celulares de plantas P-deficientes deixam vaziar metabólitos para os fungos invasores.

Dos macronutrientes citados na literatura científica, o potássio é o elemento que apresenta consistentes resultados positivos na redução da incidência de pragas e doenças. A deficiência de potássio provoca acúmulo de aminoácidos solúveis, que são nutrientes de patógenos. O teor de glutamina, por exemplo, é particularmente alto nas plantas deficientes em potássio e favorece a germinação de esporos, como os de bruzone do arroz (GRAHAM, 1983).

A deficiência em potássio também retarda a cicatrização das feridas, favorecendo a penetração dos patógenos. A perda do turgor celular pode ser um fator físico que facilita a penetração tanto de fungos como de insetos. O potássio tem ação clara, bem definida, na resistência às doenças causadas tanto pelos patógenos obrigatórios como pelos facultativos. Quando da deficiência de potássio nas folhas existe acúmulo de putrecina nos bordos foliares causando senescência das células desta região e favorecendo penetração e desenvolvimento de microorganismos necrotróficos e saprofíticos, principalmente.

Avaliando-se o efeito da adubação potássica via solo sobre infecção por *Phomopsis* sp e danos causados por percevejos em sementes de soja, os autores observaram que mesmo nas doses de K, em que a resposta à produção é marginal (por exemplo, 80 kg ha⁻¹ de K₂O contra 40 kg ha⁻¹ de K₂O), há melhoria na qualidade da semente com redução da infecção por *Phomopsis* sp. e no dano por percevejo (BORKERT *et al.*, 1985; FRANÇA NETO *et al.*, 1985).

O macronutriente secundário cálcio é essencial para a estabilidade das biomembranas. Quando seu nível é baixo, há aumento do efluxo de compostos de baixo peso molecular do citoplasma para o apoplasto. Os poligalacturonatos de cálcio são requeridos na lamela média para

a estabilidade da parede celular. Muitos fungos parasíticos e bactérias invadem o tecido vegetal através da produção extracelular de enzimas pectolíticas, como a poligalacturonase que dissolve a lamela média. A atividade desta enzima é inibida pelo cálcio implicando na resistência a várias doenças. Ao se falar de resistência de plantas quanto à presença de doenças, o silício é um importante elemento que participa benéficamente neste contexto. Apesar de não ser um nutriente reconhecido como essencial, ele é um elemento presente em grande quantidade nas gramíneas. O nível considerado crítico na folha do arroz é de 5%, sendo que acima disto favorece a resistência do arroz à brusone (YAMADA, 2004).

Micronutrientes

Os mesmos princípios governam o efeito tanto de macro como de micronutrientes na resistência das plantas às doenças: a deficiência nutricional leva ao acúmulo de substâncias orgânicas de baixo peso molecular que reduzem sua resistência. Atuam também na lignificação e na síntese de fitoalexinas. Estes compostos são sintetizados na rota do ácido chiquímico em reações bioquímicas catalisadas pelos micronutrientes (MARSCHNER, 2012).

Cobre, boro e manganês influenciam na síntese de lignina e fenóis simples; zinco, ferro e níquel têm efeitos possivelmente relacionados à síntese de fitoalexinas; silício e lítio com a barreira física à invasão de patógenos (GRAHAM 1983).

Mudanças na permeabilidade da membrana parecem ser características universais de tecidos de plantas doentes, independentemente do tipo de doença ou da natureza do agente patogênico (WHEELER, 1978). Dois micronutrientes, o boro e o zinco, têm papel importante na integridade das membranas celulares, evitando o vazamento de solutos orgânicos. O boro parece ter papel estrutural crítico nas membranas plasmáticas pela sua habilidade em se ligar com compostos da membrana contendo grupos cis-diol, tais como glicoproteínas e glicolípídeos.

Trabalho feito por Cakmak *et al.* (1995) mostra o dramático efeito da deficiência de boro no vazamento de K^+ e de solutos orgânicos das células. Comparado às folhas com teores suficientes de boro, o tratamento com menor teor de boro deixou vazar 35 vezes mais K^+ , 45

vezes mais sacarose e sete vezes mais fenólicos e aminoácidos. Citam ainda os autores que o tratamento com boro por 20 minutos foi suficiente para restabelecer a permeabilidade das membranas das folhas B-deficientes para o nível do das folhas com suficiência em boro, indicando o particular papel deste elemento na manutenção da integridade das membranas plasmáticas. Cakmak e Römheld (1997) citam que, apesar dos rápidos e claros efeitos do boro no vazamento de K, os mecanismos pelos quais o boro afetaria a integridade estrutural e/ou funcional das membranas plasmáticas são pouco conhecidos.

O zinco é outro importante nutriente necessário na manutenção da integridade das biomembranas. Ele pode ligar-se aos grupos fosfolipídicos e sulfidril dos constituintes da membrana ou formar complexos tetraedais com resíduos de cisteína das cadeias polipeptídicas e assim proteger os lipídeos e as proteínas das membranas contra danos oxidativos. Em condições de deficiência de zinco ocorre o aumento típico da permeabilidade da membrana plasmática indicado pelo maior vazamento de solutos de baixo peso molecular e redução no conteúdo de fosfolipídeos (CAKMAK E MARSCHNER, 1988).

Mecanismos bioquímicos de indução de resistência de plantas frente a patógenos e pragas.

A resistência induzida ou adquirida como manejo integrado de doenças visa evitar ou atrasar danos às plantas. Dentro do mecanismo de resistência, as plantas reconhecem moléculas que induzirão sua defesa. Existem dois mecanismos de resistência de plantas. SAR refere-se ao mecanismo de resistência adquirida. Como exemplo, têm-se moléculas que atuam nesse modo, tais como ácido salicílico (hormônio de resistência a patógenos) e ácido jasmônico, fitoalexinas e peroxidases (molécula de resistência à ação de insetos).

A resistência sistêmica induzida (ISR) somente é ativada com a presença do patógeno devido ao seu efeito “priming”, com ação de moléculas como jasmonatos e etilenos que atuam contra patógenos necrotróficos, por exemplo, *Alternaria* em batata.

As respostas à resistência podem ser locais (HR - morte local celular programada) como formação de lignina ao redor de lesões fúngicas, ou sistêmicas com a presença da PRPs (proteínas de defesa indu-

zidas) as quais podem ser antifúngicas, anti-insetos e antivírus, dependendo do patógeno.

Aproximadamente 17 famílias de proteínas que participam de defesa atuam sobre atividades de insetos, fungos, vírus, bactérias e nematoides. Essas proteínas, denominadas fitoalexinas, apresentam baixo peso molecular e requerem certo tempo entre sua aplicação e seu efeito, além de terem efeito momentâneo. As fitoalexinas constituem um grupo de metabólitos secundários quimicamente diverso, que se acumulam em torno do local de infecção e apresentam atividade antimicrobiana. A produção de fitoalexinas parece ser um mecanismo comum de resistência a microrganismos patogênicos em uma grande variedade de plantas. Entretanto, diferentes famílias botânicas usam distintos produtos secundários como fitoalexinas. Por exemplo, os isoflavonóides são fitoalexinas comuns em leguminosas, enquanto em plantas da família Solanaceae, como batata, tabaco e tomate, vários sesquiterpenos são produzidos como fitoalexinas. Em geral, as fitoalexinas não estão presentes nas plantas antes da infecção, mas são sintetizadas muito rapidamente após o ataque de microrganismos.

Dentre os elicitores, existem os elicitores bióticos (endógenos e exógenos) e abióticos. Os elicitores bióticos são, por exemplo, ácido jasmônico, *Trichoderma*, *Sacharomyces*, Rizobactérias, etc. Os elicitores abióticos são, por exemplo, ácido salicílico e óxido nítrico. Estes últimos levam também à resistência quanto ao estresse hídrico.

No que diz respeito aos fosfitos, os mesmos são formados pela reação de ácido fosforoso + hidróxido de Na, K, Mg, Zn, Ni, Cu, etc..., os quais podem possuir modos de ação distintos dependendo da concentração utilizada. Os fosfitos atuam como toxidez direta inibindo crescimento fúngico principalmente de Oomicetos. Com elevadas concentrações de fosfito na aplicação (9 mL/L), corre-se o risco de fitotoxidez. O ideal está por volta de 3 a 6 mL/L quando promovem indução de resistência (reação de hipersensibilidade, acúmulo de compostos fenólicos e lignificação dos tecidos ao redor do crescimento fúngico. Isto também depende do balanço de micronutrientes, pois a formação de lignina depende da rota do ácido chiquímico). A severidade da doença é determinante. Sendo o fosfito altamente translocados no floema, pode auxiliar no combate de doenças no sistema radicular das plantas.

Com menores concentrações de fosfito, tem-se indução de resistência. Por exemplo, com concentrações de 0,1 a 3 mMolar de fosfito já se tem ação sobre *Phytophthora* pela complexação de fenóis formando lignina ao redor do fungo.

Doses de 10 mL/L proporcionam redução na incidência de *Phoma* em cafeeiros. Doses comerciais de 2 L/ha referem-se à concentração de 5 mL/L de fosfito. Em cafeeiros com carga alta, apenas fosfito não reduz a desfolha causada pela ferrugem. Já em carga baixa, obteve-se controle semelhante ao do fungicida. Em feijoeiros, fosfito proporciona melhora no controle de mofo branco quando usado conjuntamente com fungicidas. Para ferrugem da soja, não houve melhora com uso de fosfito devido ao rápido avanço da doença, não havendo tempo para se disparar os mecanismos de defesa da planta antes dos danos causados pela doença.

Os silicatos são depositados na epiderme das folhas das plantas e como ação direta, impedem a entrada de patógenos pela epiderme foliar (plantas acumuladoras, sobretudo gramíneas). Indiretamente, aumentam a produção de fitoalexinas por gramíneas, aumentam a produção de peroxidases e funcionam de maneira estrutural para as plantas, evitando acamamento e mantendo folhas mais eretas. Isto favorece a arquitetura do dossel vegetal melhorando penetração de luz e favorecendo a fotossíntese. Além disso, esta arquitetura evita acúmulo de umidade sobre as folhas.

Silicatos se acumulam em gramíneas e cucurbitáceas atuando em patógenos, principalmente *Phythium*. Silicatos auxiliam no aumento de fenóis, da atividade da enzima rubisco e fortalecimento da parede celular. Potencializam as fitoalexinas em arroz diminuindo as lesões de doenças. Porém, não apresentam efeito sinérgico aos fosfitos. Em aplicação via solo, silicatos proporcionaram maior espessura de camada de ceras na superfície foliar. Em trigo, preconiza-se sua aplicação na fase de emborrachamento. Em citros, não houve efeito sobre *Phytophthora*.

De maneira geral, para aplicação de fosfitos, as plantas devem estar em bom estado nutricional para que se proporcione correto funcionamento do metabolismo primário e secundário. A aplicação de fosfitos deve ser realizada nas fases de maior demanda nutricional nas plantas em que elas tornam-se mais susceptíveis aos efeitos danosas dos patógenos. Por exemplo, nas fases vegetativas, próximo ao florescimen-

to quando se tem alta pressão de dreno de nutrientes. A permanência do fosfito e de seus efeitos nas plantas é de 30 a 40 dias para plantas perenes e de 15 a 30 dias para plantas anuais.

Segundo Taiz e Zeiger (2004), citado por Yamada (2004), três classes de compostos conferem proteção à superfície da planta: cutina, suberina e ceras. A cutina é encontrada na maioria das partes aéreas e a suberina está presente nas partes subterrâneas, nos caules lenhosos e nos ferimentos cicatrizados, enquanto as ceras estão associadas à cutina e à suberina. A cutina, a suberina e as ceras associadas formam barreiras entre as plantas e seus ambientes e agem evitando a dessecação e a entrada de patógenos.

O conhecimento das principais rotas de biossíntese dos metabólitos secundários é importante para que se possa entender como as práticas agrônômicas podem afetar o mecanismo natural de defesa das plantas contra pragas e doenças.

Terpenos ou terpenóides constituem o maior grupo de produtos secundários. As diversas substâncias desta classe são, em geral, insolúveis em água e sintetizadas a partir de acetil CoA ou de intermediários glicolíticos. Os terpenos são tóxicos e deletérios para muitos insetos e mamíferos herbívoros. Assim, eles parecem exercer importantes funções de defesa no reino animal. Entre os terpenos, tem-se os piretróides e a azadiractina (extraída da planta conhecida como neem), com atividade inseticida. Os óleos essenciais apresentam propriedades repelentes de insetos e os cardenólídeos e as saponinas, de gosto amargo e extremamente tóxicos para os animais superiores, também favorecem a repelência ou a não preferência sobre aquele indivíduo vegetal rico em concentração destas substâncias em seus tecidos.

Os compostos fenólicos são produtos secundários contendo um grupo fenol (um grupo hidroxila funcional em um anel aromático). Os fenóis vegetais constituem um grupo quimicamente heterogêneo, com aproximadamente 10.000 compostos. Alguns são solúveis apenas em solventes orgânicos, outros são ácidos carboxílicos e glicosídeos solúveis em água e há, ainda, aqueles que são grandes polímeros insolúveis. Devido à sua diversidade química, os compostos fenólicos apresentam uma variedade de funções nos vegetais. Muitos agem como compostos de defesa contra herbívoros e patógenos. Outros têm função no supor-

te mecânico, como atrativo de polinizadores ou dispersores de frutos, na proteção contra radiação ultravioleta ou reduzindo o crescimento de plantas competidoras adjacentes.

Duas rotas metabólicas básicas estão envolvidas na síntese dos compostos fenólicos: a rota do ácido chiquímico e a rota do ácido malônico. A rota do ácido chiquímico participa da biossíntese da maioria dos fenóis vegetais. A rota do ácido malônico, embora seja uma fonte importante de produtos secundários fenólicos em fungos e bactérias, é menos significativa nas plantas superiores.

O conhecido herbicida de amplo espectro, glifosato (disponível comercialmente como Roundup), mata os vegetais por bloquear uma etapa desta rota metabólica do ácido chiquímico.

Entre os compostos fenólicos, a lignina, as fitoalexinas e os taninos têm papéis importantes na defesa vegetal. A lignina é, depois da celulose, a substância orgânica mais abundante nas plantas. É, em geral, formada por três diferentes álcoois de fenilpropanóides: coniferil, cumaril e sinapil, álcoois sintetizados a partir de fenilalanina através de vários derivados do ácido cinâmico. A lignina é encontrada nas paredes celulares de vários tipos de tecidos de sustentação e vascular, especialmente em traqueídes e elementos de vaso. Ela é depositada, sobretudo no espessamento da parede secundária, mas também pode ocorrer na parede primária e na lamela média, em íntimo contato com a celulose e hemicelulose presentes. A rigidez mecânica da lignina fortalece os caules e o tecido vascular, permitindo o crescimento ascendente e possibilitando que a água e os sais minerais sejam conduzidos através do xilema sob pressão negativa, sem haver o colapso do tecido. Além de proporcionar suporte mecânico, a lignina desempenha funções protetoras importantes nos vegetais. Sua resistência física coíbe seu consumo pelos herbívoros e sua estabilidade química torna-a relativamente indigerível por esses animais. Por sua capacidade de ligação à celulose e às proteínas, a lignina também reduz a digestibilidade dessas substâncias. A lignificação bloqueia o crescimento de patógenos e é uma resposta freqüente à infecção ou à lesão.

Os taninos são toxinas que reduzem significativamente o crescimento e a sobrevivência de muitos herbívoros, quando adicionados às suas dietas. Da mesma forma, os taninos agem como repelentes ali-

mentares à grande variedade de animais que evitam plantas, ou parte delas, que apresentam altos níveis de taninos, como os frutos imaturos. Os taninos vegetais também servem como defesa ao ataque de microrganismos. Por exemplo, o cerne de muitas árvores contém altas concentrações de taninos, que auxiliam na prevenção da decomposição por fungos e bactérias.

Os compostos nitrogenados são metabólitos secundários vegetais que possuem nitrogênio na sua estrutura. Os principais compostos nitrogenados atuando na defesa vegetal são: os alcalóides, os glicosídeos cianogênicos, os glucosinatos, os aminoácidos não-protéicos e as proteínas antidigestivas.

Alcalóides são compostos bem conhecidos pelos importantes efeitos farmacológicos em animais vertebrados, via de regra, sintetizados a partir de um ou poucos aminoácidos comuns, sobretudo lisina, tirosina e triptofano. Acredita-se que a maior parte dos alcalóides funcione como defesa contra predadores, em especial mamíferos, devido à sua toxicidade geral e à capacidade de deterrência. Entre os alcalóides mais conhecidos tem-se: nicotina, atropina, cocaína, codeína, morfina e estricnina.

Glicosídeos cianogênicos não são tóxicos como tal, mas decompõem-se rapidamente quando a planta é lesada, liberando o ácido cianídrico (HCN). A presença dos glicosídeos cianogênicos inibe a alimentação de insetos e de outros herbívoros, tais como lesmas e caracóis.

Glucosinatos são compostos que liberam, na sua decomposição, substâncias voláteis de defesa. Encontrados principalmente em Brassicaceae e famílias relacionadas, os glucosinatos liberam os compostos responsáveis pelo odor e pelo paladar característico de vegetais como repolho, brócolis e rabanete.

Os aminoácidos não-protéicos são aminoácidos que não são incorporados em proteínas, estão presentes na forma livre e atuam como substâncias protetoras. Os aminoácidos não-protéicos exercem sua toxicidade de várias maneiras. Alguns bloqueiam a síntese ou a absorção de aminoácidos protéicos. Outros podem ser erroneamente incorporados às proteínas levando à produção de enzima não-funcional.

As proteínas antidigestivas interferem no processo digestivo dos herbívoros. Por exemplo, algumas leguminosas sintetizam inibidores de α -amilase, que inibem a ação dessa enzima e, por consequência, a digestão do amido. Outras espécies produzem lectinas, proteínas de defesa que se ligam a carboidratos ou a glicoproteínas. Após ser ingerida por um herbívoro, a lectina liga-se às células epiteliais que revestem o trato intestinal e interferem na absorção de nutrientes. As proteínas antidigestivas mais conhecidas nos vegetais são os inibidores de proteases. Encontradas nos legumes, no tomate e em outros vegetais, tais substâncias bloqueiam a ação das enzimas proteolíticas dos herbívoros. Estando no trato digestivo desses animais, elas se ligam especificamente ao sítio ativo de enzimas proteolíticas, como tripsina e quimotripsina, impedindo a digestão das proteínas. Os insetos que se alimentam de plantas que contêm inibidores de proteases apresentam taxas reduzidas de crescimento e desenvolvimento. A função dos inibidores de protease na defesa vegetal tem sido confirmada por experimentos com tabaco transgênico. As plantas geneticamente transformadas para acumular níveis elevados de inibidores de proteases sofrem menos danos, como o ataque de insetos herbívoros, do que as plantas-controle, não transformadas.

O estudo dos metabólitos secundários vegetais apresenta muitas aplicações práticas. Pelo valor de suas atividades biológicas contra herbívoros e microrganismos, muitas dessas substâncias são utilizadas comercialmente como inseticidas, fungicidas e medicamentos, enquanto outras são usadas como fragrâncias, aromatizantes, drogas de uso medicinal e materiais industriais. O melhoramento de plantas cultivadas, quanto à produção de maiores níveis de produtos secundários, tem possibilitado a redução da necessidade de alguns pesticidas de altos custos e riscos. Entretanto, em alguns casos tem sido necessário reduzir os níveis de metabólitos secundários para minimizar a sua toxicidade a humanos e a animais domésticos.

Referências bibliográficas

BORKERT, C. M.; SFREDO, G. S.; LANTMANN, A. F.; *et al.* Efeito de doses e de modos de aplicação de cloreto de potássio sobre o rendimento da soja. In: **Resultados de Pesquisa de Soja 1984/85**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1985. p. 292-294.

CAKMAK, I.; KURZ, H.; MARSCHNER, H. Short-term effects of boron, germanium and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. **Physiology Plantarum**, v. 95, p. 11-18, 1995.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**, v. 193, p. 71-83, 1997.

CAKMAK, I.; MARSCHNER, M. Increase in membrane permeability and exudation of roots of zinc deficient plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 132, p. 356-361, 1988.

FRANÇA NETO, J. de B.; COSTA, N.P. da; HENNING, A.A.; *et al.* Efeito de doses e métodos de aplicação de cloreto de potássio sobre a qualidade da semente da soja. In: **Resultados de Pesquisa de Soja 1984/85**. Londrina: EMBRAPA-SNPSO, 1985. p. 294-295.

GRAHAM, R. D. Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. **Advances in Botanical Research**, v. 10, p. 221-276, 1983.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3ed. San Diego: Academic Press, 2012. 651 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

WHEELER, H. Disease alterations in permeability and membranes. In: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (Ed.). **Plant disease - an advanced treatise**. v. 2. How plants suffer from disease. London: Academic Press, Inc., 1978. p. 327-347.

YAMADA, T. Resistência de plantas às pragas e doenças: pode ser afetada pelo manejo da cultura? **Potafos. Tecnologia para agricultura**. Informações Agrônomicas. n. 108, dezembro de 2004.

FLORA ARBÓREA DO CERRADO: ALGUMAS PROPOSTAS DE UTILIZAÇÃO DAS SUAS ESPÉCIES

Benedito Alísio da Silva Pereira¹

Introdução

O Cerrado, devido à sua extensão e posição geográfica, compreende uma ampla diversidade de litologias, formas de relevo, solos, cotas altimétricas e médias anuais de precipitação e temperatura (ADÁMOLI *et al.* 1986; REATTO *et al.* 2008; SILVA *et al.* 2008). Além disso, esse bioma faz contato com quatro outros biomas brasileiros (Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal) e possui rios que conectam o centro do Brasil com as demais regiões do país (IBGE 2004; Lima & Silva 2008).

Devido a esses fatos a vegetação do Cerrado figura entre as mais diversificadas da América do Sul e a sua flora se apresenta como uma das mais ricas do Brasil. A análise de Ribeiro & Walter (2008) levou à distinção de 11 tipos e 14 subtipos de vegetação nesse bioma, e a compilação de Mendonça *et al.* (2008) revelou a ocorrência de 11.200 espécies de fanerógamas nesse espaço biogeográfico.

Após uma série de investigações de campo e em herbários e sítios eletrônicos, Pereira, *et al.* (2002) (dados inéditos) concluíram que já foram encontradas cerca de 940 espécies arbóreas no Cerrado. Esse total equivale a 8,4% do montante de fanerógamas supracitado, mas tende a aumentar, dada à frequência com que novas espécies de árvores têm sido registradas nesse bioma.

A flora arbórea sempre chama a atenção daqueles que adentram e observam a vegetação do Cerrado e dela obtém maiores informações. Em primeiro lugar, pela abundância de caracteres xeromórficos (baixo porte, forte tortuosidade, casca espessa e fendilhada) nas espécies dos cerrados; em segundo, pela qualidade e valor da madeira de uma porção das espécies das florestas que se entremeiam com os cerrados; e em terceiro, pela multiplicidade de usos e aplicações das suas espécies.

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Botânica e Doutor em Ecologia. Coromandel (MG). cerradense@gmail.com

Uma parte da flora arbórea do Cerrado já foi abordada em trabalhos sobre dendrologia (PEREIRA, 2002; SILVA, JÚNIOR & PEREIRA 2009), taxonomia (FIASCHI & PIRANI, 2007; GENTRY 1992; PENNINGTON, 1997, 2003; PRANCE, 1989; SILVA & LIMA 2007; SILVA & TOZZI 2012), plantas úteis (ALMEIDA *et al.*, 1998; GUARIM NETO & MORAIS, 2003) e em estudos sobre fenologia, biologia reprodutiva, germinação de sementes, simbiose com microrganismos endofíticos e relações solo-planta, entre outros temas.

Os estudiosos ainda não focalizaram todas as espécies e nem todos os aspectos das espécies analisadas. Porém, com agregação de informações originárias da experiência acumulada por técnicos de campo e moradores do meio rural, já se pode preconizar usos com considerável exatidão para a maior parte das espécies. A rigor, o uso de espécies do Cerrado já é realidade em muitas propriedades e localidades, só necessitando de maior divulgação.

Além de apresentar alta diversidade de vegetação e flora, o Cerrado possui uma enorme quantidade de áreas aproveitáveis para produção de alimentos e matérias-primas (GOEDERT, 1987; LOPES & DAHER, 2008). O aproveitamento dessas áreas era baixo até a década de 1960, mas aumentou vertiginosamente a partir da década de 1970, em função de políticas de incentivo à expansão da fronteira agrícola brasileira. Em consequência, o Cerrado passou a experimentar taxas muito altas de desmatamento e de alterações nos ecossistemas (KLINK & MACHADO, 2005). Machado *et al.* (2004) estimaram que em menos de 40 anos mais da metade da área do Cerrado teve a sua vegetação eliminada ou alterada pelo homem e previram que as taxas de desmatamento continuariam crescendo.

Hoje, somente existem extensões significativas da vegetação natural do Cerrado nas unidades de conservação e nas áreas de difícil acesso ou de baixo valor de uso. Os demais remanescentes correspondem, basicamente, às *reservas legais* e às *áreas de preservação permanente*, as quais em geral são pequenas, esparsas e estão alteradas e vulneráveis a incêndios, invasões de gado e a outros fatores de perturbação.

Klink & Moreira (2002); Machado *et al.* (2004); Lopes & Daher (2008) e Ribeiro *et al.* (2008) consideraram que a expansão da agricultura no Cerrado, ao reduzir e alterar os ecossistemas naturais, diminuiu a diversidade de espécies, erodiu a base genética da biota e

trouxe ameaças à própria agricultura, via erosão de solos e alterações nos recursos hídricos.

Na década de 1990, o atual modelo de apropriação e manejo das terras e dos recursos bióticos do Cerrado começou a ser questionado formalmente no meio acadêmico (DIAS, 1994). Alguns modelos alternativos foram sugeridos por (FELFILI, *et al.*, 2005), (LOPES & DAHER, 2008) e (RIBEIRO *et al.*, 2004, 2008), a partir de premissas como: a) o Cerrado foi o bioma mais impactado pela expansão da agricultura brasileira, nas quatro últimas décadas; b) de um modo geral, o produtor rural não tem o devido apreço com os recursos bióticos do Cerrado; e c) a biota do Cerrado possui recursos que podem contribuir para a sustentabilidade da agricultura e de outras atividades nesse bioma.

O objetivo deste trabalho é apresentar a flora arbórea do Cerrado como uma fonte de recursos que pode ajudar o produtor rural a evoluir na sua atividade, seguindo novos paradigmas e tendo como cenário um ambiente mais equilibrado. Algumas sugestões de emprego das espécies dessa flora em propriedades rurais são apresentadas.

Considerações gerais sobre a flora arbórea do Cerrado

Como informado anteriormente, já foram encontradas cerca de 940 espécies arbóreas no Cerrado. Esse número indica que a flora arbórea - o conjunto de espécies arbóreas - desse bioma só não é maior do que a da Amazônia e a da Mata Atlântica.

Essa diversidade de espécies arbóreas pode ser atribuída à longa e dinâmica história evolutiva da vegetação do Cerrado, em combinação com a da Amazônia, da Mata Atlântica e da Caatinga. Trabalhos como os de (OLIVEIRA FILHO & RATTER, 1995) e (MÉIO *et al.*, 2003) indicam que a flora arbórea do Cerrado compartilha muitas espécies com esses biomas. Parte dessas espécies aparece em outros países latino-americanos.

A cobertura vegetal original do Cerrado é constituída por um mosaico de tipos e subtipos de vegetação pertencentes a formações savânicas, florestais e campestres (RIBEIRO & WALTER, 2008). As formações predominantes são as savânicas, mas é nas formações florestais que está a maioria das espécies arbóreas dessa cobertura (74%).

As espécies arbóreas das formações florestais geralmente são de porte mais avantajado do que as das formações savânicas. As primeiras dividem-se entre caducifólias e perenifólias e entre barocóricas, zoocóricas e anemocóricas, enquanto as outras são em maioria caducifólias e dividem-se da mesma forma quanto aos tipos de propágulos. As espécies das formações florestais geralmente produzem sementes que germinam mais depressa e que dão origem a plântulas que crescem mais rápido.

As espécies arbóreas do Cerrado têm grande importância econômica e social. Muitos agricultores utilizam as suas madeiras ou as comercializam. Um grande número de comunidades indígenas, quilombolas e de assentados da reforma agrária utilizam cotidianamente os recursos por elas oferecidos, mediante extrativismo.

O extrativismo de madeiras e os desmatamentos levaram espécies como a amburana (*Amburana cearensis*), a peroba-rosa (*Aspidosperma pyrifolium*) e o pau-ferro (*Machaerium scleroxylon*) a se tornarem muito raras no Cerrado. A aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), devido à superexploração, foi inscrita na Lista das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção, do IBAMA, há mais de 20 anos.

O *status* da conservação dessas e de várias outras espécies de árvores do Cerrado tem preocupado cientistas e gestores da área de recursos naturais, devido principalmente às suas baixas representatividades (ou mesmo absoluta ausência) em unidades de conservação de proteção integral. Esse fato dá suporte às iniciativas que têm procurado formular, propor e divulgar medidas com vistas à recomposição e preservação das populações remanescentes de espécies arbóreas do Cerrado.

Proposição de algumas alternativas de uso de espécies arbóreas do Cerrado

O agricultor do Cerrado, de um modo geral, pratica as suas atividades em áreas onde a vegetação natural já está reduzida a fragmentos decorrentes de desmatamentos realizados com vistas à utilização das terras para produção de alimentos e outros produtos. Não raro as suas terras e os recursos hídricos nelas existentes apresentam sinais de degradação, devido à remoção da vegetação nativa.

Os fragmentos de vegetação nativa da propriedade do agricultor e da sua região podem estar bem conservados ou já estarem parcialmen-

te degradados, mas, de qualquer forma, será nesses remanescentes que ele deverá buscar sementes e outros propágulos, caso esteja decidido a recompor as áreas degradadas da sua propriedade. Ou, alternativamente, fazer ajustes na sua estratégia de utilização das terras, a fim de tirar melhor proveito delas, cumprir os seus deveres enquanto usuário de recursos naturais renováveis e contribuir para a preservação do patrimônio biológico da vegetação.

Uma parte das 940 espécies arroladas por Pereira *et al.* (dados inéditos) está na obra de Almeida *et al.* (1998) sobre plantas úteis do Cerrado. Esse trabalho e vários outros que tratam desse tema, indicam que, de um modo geral, as espécies arbóreas desse bioma são de múltiplos usos e podem prestar uma variedade de serviços ao homem.

Como o número de espécies arbóreas no Cerrado é alto e a maioria delas pode ser utilizada de várias maneiras, as alternativas de uso desses recursos em propriedades rurais tornam-se numerosas e difíceis de definir, quando se leva em conta a multiplicidade de condições ambientais e de carências das propriedades. Assim sendo, as alternativas a seguir enumeradas são de caráter geral e, como tal, devem ser analisadas pelo agricultor, com auxílio de profissionais especializados.

I - Conservação *in situ*

A expressão conservação *in situ* refere-se, em biologia, à conservação de seres vivos, e dos seus conjuntos de genes, nos seus habitats naturais. Essa modalidade de conservação de recursos biológicos normalmente é realizada em **reservas genéticas**, **reservas extrativistas** e **reservas de desenvolvimento sustentável**, mas segundo a legislação, pode ser realizada também fora dessas reservas (Kageyama, 1987; Gastal, 2002).

Apesar da conservação *in situ* levar em conta as características genéticas e demográficas das espécies (Martins, 1987), pode-se considerar que quando o agricultor preserva remanescentes de vegetação nativa, mesmo sem estudos prévios detalhados, ele está praticando esse tipo de conservação.

Nas propriedades rurais onde os preceitos do Código Florestal Brasileiro foram obedecidos, os melhores lugares para realizar a conservação *in situ* são as **reservas legais (RLs)** e **áreas de preservação permanente**

(APPs). Mesmo que a vegetação desses espaços já tenha sido alterada, o agricultor interessado em contribuir para a conservação da flora arbórea e dos recursos a ela associados pode se propor a recuperá-la e protegê-la, cercando e aceirando tais espaços e manejando espécies indesejáveis.

Ao tomar essas medidas, o agricultor estará adotando uma estratégia eficiente e de custo relativamente baixo, que poderá contribuir para a conservação da biodiversidade local e regional e, em termos específicos, para: a) Auxiliar na conservação do solo, da água e dos recursos aquáticos; b) Assegurar habitats e fontes de sustento para a fauna útil ao agricultor, como polinizadores de culturas e predadores de pragas; c) Incrementar a produção de recursos exploráveis nas RLs; d) Ajudar na materialização do desenvolvimento sustentável, conciliando interesses ecológicos de conservação ambiental, com interesses sociais de melhoria de vida das populações circunjacentes; e) Auxiliar no estabelecimento de corredores ecológicos e, desta forma, contribuir para que aja fluxo gênico entre as populações de plantas e animais, possibilitando a evolução das espécies dentro do seu ambiente natural; e f) Preservar populações de espécies silvestres aparentadas de plantas cultivadas comercialmente.

Todos esses benefícios são importantes, mas este último é de extrema relevância, porque a flora do Cerrado contém espécies de gêneros como o do caquiheiro (*Diospyros*), do pessegueiro (*Prunus*), do cajueiro (*Anacardium*) e da graviola, fruta-do-conde e da ata ou pinha (*Annona*). Essas espécies são consideradas valiosas, pelo potencial que apresentam para serem utilizadas em programas de melhoramento daquelas que hoje são cultivadas.

A conservação *in situ* pode ser praticada também no tipo de unidade de conservação denominado Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN. As RPPNs são criadas por iniciativa do proprietário rural, que mantém a titularidade da área, mas é obrigado a protegê-la para sempre, por ela ser de caráter perpétuo.

II - Implantação de sistemas agroflorestais

Os sistemas agroflorestais (SAFs) podem ser definidos como sistemas de produção agrícola em que se consorciavam árvores com cultivos

anuais, com pastagem ou com ambos, de forma temporária ou permanente. O seu objetivo principal é aumentar a produção da propriedade rural, com os menores danos possíveis ao ambiente e com a máxima eficiência econômica (Montagnini 1992; Ribeiro *et al.* 2004).

Os SAFs têm sido considerados os sistemas de produção de maior potencial de sucesso nas regiões tropicais, pelo fato de serem os que mais preservam a biodiversidade e os recursos abióticos dos ecossistemas (Balieiro *et al.* 2004). Além disso, esses sistemas têm sido apontados como os que mais são capazes de inserir o agricultor em novos nichos de mercado, aumentando a sua renda e diminuindo a suscetibilidade às variações de mercado de produtos específicos (Daniel *et al.* 2001).

O Cerrado apresenta uma série de situações que favorecem a disseminação de propostas para implantação de SAFs. Dentre elas, Daniel *et al.* (2001) e Ribeiro *et al.* (2004) citam as seguintes: a) grande quantidade de terras degradadas, com pastagens ou lavouras em rendimento decrescente; b) grande número de remanescentes florestais degradados; c) elevado número de regiões com alta densidade de pequenas propriedades; d) existência de bacias hidrográficas afetadas por desmatamentos e mau manejo do solo; e) drástica redução da biodiversidade nas áreas de expansão da agropecuária; f) extensas áreas de pastagem desprovidas de árvores de sombra.

Apesar dos estudos sobre implantação de SAFs no Cerrado ainda estarem no começo, já começa a haver demanda por informações sobre espécies potencialmente adequadas para utilização nesses sistemas (POTT & POTT 2003). A flora arbórea do Cerrado contém muitas espécies que fornecem madeira, forragem para o gado, alimento para o homem e vários outros produtos, sendo que na verdade algumas já são utilizadas em tais sistemas, em outras regiões. A lista que se segue contém os nomes das espécies consideradas com maior potencial para utilização em SAFs, juntamente com os principais produtos ou serviços que elas podem oferecer (madeira com valor comercial^a, alimento para o gado^b, alimento para o homem^c, fixação de nitrogênio atmosférico^d, néctar/pólen para abelhas^e, combustível^f, sombreamento para o gado^g e sombreamento para culturas permanentes^h).

Acrocomia aculeata^{b, c}
Albizia niopoides^{a, d, f}
Anacardium occidentale^{c, g}
Anadenanthera colubrina^{a, c, f}
Anadenanthera peregrina^{a, c, f}
Andira inermis^{a, d, c}
Andira vermifuga^{a, d, c}
Annona coriacea^c
Annona crassiflora^c
Apuleia leiocarpa^{a, c}
Attalea speciosa^{c, f}
Bowdichia virgilioides^{a, c, f}
Butia capitata^c
Cariniana estrellensis^{a, c}
Caryocar brasiliense^c
Cedrela odorata^a
Celtis pubescens^{b, g}
Centrolobium tomentosum^{a, d, c}
Chlorophora tinctoria^{a, b, g}
Copaifera langsdorffii^{a, c, g}
Cordia trichotoma^{a, c}
Dipteryx alata^{b, c, e, g}
Enterolobium contortisiliquum^a
Erythrina dominguezii^{d, h}
Erythrina verna^{d, h}
Eugenia dysenterica^{b, c}
Euterpe oleracea^{c, e}
Ficus spp^g
Garcinia gardneriana^c
Guazuma ulmifolia^{b, c, f}
Handroanthus impetiginosus^{a, f}
Handroanthus serratifolius^{a, f}
Hymenaea courbaril^{a, c, f}
Hymenaea martiana^{a, c, f}
Hymenaea martiana^{a, c, f}
Hymenaea stigonocarpa^{a, c, f}
Inga spp^{d, e, f, h}
Luehea divaricata^{a, c}
Luehea paniculata^{a, c}
Machaerium acutifolium^{a, d, c, f}
Machaerium birtum^{a, d, c}
Machaerium scleroxylon^{a, c, f}
Micropholis venulosa^a
Myracrodruon urundeuva^{a, c}
Myroxylon balsamum^{a, d, c}
Piptadenia gonoacantha^{c, f}
Platymiscium florinbundum^{a, c}
Platypodium elegans^{a, c}
Pouteria torta subsp. glabra^{a, c}
Pouteria torta subsp. torta^c
Pterodon emarginatus^{a, c, f}
Pterodon pubescens^{a, c, f}
Samanea tubulosa^{a, b, d}
Schinopsis brasiliensis^{a, c, f}
Syagrus oleracea^c
Tabebuia roseoalba^{a, f}
Tachigali rubiginosa^{a, c, f, g}
Tachigali subvelutina^{c, f, g}
Trema micrantha^{b, d}
Vitex polygama^{a, c}

A presente lista contém somente as espécies que têm distribuição ampla e costumam ser abundantes nos seus habitats preferenciais. Pode-se dizer que algumas dessas espécies já são usadas em SAFs, na medida em que são mantidas em pastagens, como é o caso de *Acrocomia aculeata*, *Copaifera langsdorffii*, *Dipteryx odorata* e das espécies de *Ficus*, *Pterodon* e *Tachigali*, geralmente com o fim de proporcionar sombra aos rebanhos. Algumas, como *Andira inermis* e uma parte das espécies de *Inga*, já são empregadas nesses sistemas, fora do Brasil.

Como em SAFs, a escolha das espécies é um fator-chave (POTT & POTT 2003). É preciso ter em mente que entre as espécies aqui listadas, umas têm maior probabilidade de êxito do que outras e que todas devem testadas antes da efetivação dos usos nesses tipos de sistemas de produção agropecuária no Cerrado.

III - Formação de pomares de frutíferas nativas

Um dos aspectos mais conhecidos e exaltados da flora do Cerrado é sua abundância em espécies produtoras de frutos aproveitáveis para alimentação humana. Trabalhos como os de Almeida *et al.* (1998), Guarim Neto (1984) e Silva *et al.* (1994), mostram que o número de espécies frutíferas nesse bioma é alto, que grande parte delas é arbórea e que estas estão presentes em todas as fitofisionomias arborizadas.

Os frutos das espécies arbóreas do Cerrado, em geral, possuem alto valor nutritivo. Os de algumas espécies são usados apenas localmente, mas os de outras são encontrados no comércio de rua e por vezes em supermercados, não raro de cidades distantes do local de produção. Geralmente as safras são de origem extrativista, por ser ainda muito pequeno o número de pomares implantados com fins comerciais.

As formas de aproveitamento dos frutos (ou das suas sementes) são variadas. A maioria, além de ser consumida *in natura*, pode ser usada para fazer doce, geleia, bolo, biscoito, mingau, licor, óleo para uso culinário etc.

Num mundo de crescente demanda por novos sabores, aromas e cores, os frutos do Cerrado passam a figurar como um recurso que precisa ser divulgado, para ser mais conhecido e ser objeto de investimento em pesquisa e de iniciativas de conservação.

O agricultor inovador poderá tirar proveito constante das árvores frutíferas do Cerrado se instalar pomares daquelas que produzem os frutos mais apreciados e com maior aceitação no mercado. Dependendo da localização e da forma como forem implantados e conduzidos, esses pomares poderão atrair pessoas de outros lugares e servir de modelo para novos investidores. Se estiverem em cidades turísticas, tais pomares, por suas singularidades, poderão ser incluídos nos roteiros para amantes de produtos naturais e de preciosidades da natureza.

A lista a seguir contempla as espécies consideradas preferenciais para introdução no tipo de pomar aqui proposto. As espécies grafadas

com *itálico/negrito* são as que mais têm sido objeto de aproveitamento com objetivos econômicos.

<i>Acrocomia aculeata</i>	<i>Hymenaea courbaril</i>
<i>Alibertia edulis</i>	<i>Hymenaea eriogyne</i>
<i>Anacardium occidentale</i>	<i>Hymenaea maranbensis</i>
<i>Annona coriacea</i>	<i>Hymenaea martiana</i>
<i>Annona crassiflora</i>	<i>Hymenaea stilbocarpa</i>
<i>Annona emarginata</i>	<i>Hymenaea velutina</i>
<i>Annona montana</i>	<i>Inga spp</i>
<i>Attalea brasiliense</i>	<i>Jacaratia corumbensis</i>
<i>Attalea speciosa</i>	<i>Mauritia flexuosa</i>
<i>Bactris setosa</i>	<i>Mauritiella armata</i>
<i>Brosimum gaudichaudii</i>	<i>Melicoccus cf. bijugatus</i>
<i>Buchenavia tomentosa</i>	<i>Micropholis venulosa</i>
<i>Butia capitata</i>	<i>Mouriri spp</i>
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	<i>Porcelia macrocarpa</i>
<i>Caryocar brasiliense</i>	<i>Pouteria ramiflora</i>
<i>Caryocar coriaceum</i>	<i>Pouteria torta subsp. torta</i>
<i>Caryocar cuneatum</i>	<i>Pouteria torta subsp. glabra</i>
<i>Cheiloclinium cognatum</i>	<i>Psidium sartorianum</i>
<i>Cordia macrophylla</i>	<i>Salacia crassifolia</i>
<i>Diospyros sericea</i>	<i>Spondias mombin</i>
<i>Dipteryx alata</i>	<i>Spondias tuberosa</i>
<i>Eugenia dysenterica</i>	<i>Sterculia striata</i>
<i>Euterpe edulis</i>	<i>Strychnos pseudoquina</i>
<i>Garcinia gardneriana</i>	<i>Syagrus oleracea</i>
<i>Genipa americana</i>	<i>Syagrus romanzoffiana</i>
<i>Genipa spruceana</i>	<i>Talisia esculenta</i>
<i>Hancornia speciosa</i>	<i>Vasconcelea glaundulosa</i>

Para uma parte dessas espécies (*Anacardium occidentale*, *Annona* spp, *Caryocar* spp, *Dipteryx alata*, *Genipa americana*, *Hancornia speciosa*, *Hymenaea* spp, *Spondias* spp, *Talisia esculenta* etc.), o agricultor encontrará informações sobre germinação de sementes, substrato mais adequado para produção de mudas e desenvolvimento inicial de plântulas, entre outras, o que facilitará o seu trabalho.

Com esse tipo de empreendimento, o agricultor poderá valorizar a sua propriedade; obter renda modo constante; auxiliar na conservação de espécies aparentadas de cultivos comerciais; e ajudar na manutenção das tradições regionais.

IV - Arborização urbana

O ato de plantar árvores nativas em áreas urbanas representa uma maneira de colocar a flora autóctone mais próxima do homem e assim torná-la mais conhecida e, ainda, mais admirada, valorizada e respeitada.

Apesar da flora arbórea do Cerrado conter uma grande quantidade de espécies que podem ser utilizadas para embelezar, sombrear e valorizar logradouros públicos, tal ato ainda é pouco praticado na área de abrangência desse bioma. Na maioria das cidades, a predominância na arborização é de espécies exóticas.

O ideal seria se as espécies apropriadas para arborização fossem preservadas nos espaços destinados a logradouros públicos dos loteamentos. Mas como isto raramente acontece, as prefeituras e os moradores são obrigados a plantar árvores e acabam optando pelas espécies mais ofertadas nos viveiros, geralmente exóticas.

A margem de escolha dos interessados em utilizar espécies do Cerrado em arborização urbana é ampla. A lista abaixo contém alguns exemplos de espécies que podem ser consideradas preferenciais para essa finalidade, por serem mais fáceis de multiplicar, crescerem rápido e, além disso, por terem florescimento vistoso^a, proporcionarem sombra densa o ano todo^b, atingirem porte excepcional^c ou apresentarem tronco com conformação ou coloração especiais^d.

<i>Andira inermis</i> ^a	<i>Ferdinandusa speciosa</i> ^a
<i>Andira vermifuga</i> ^a	<i>Handroanthus chrysotricus</i> ^a
<i>Apeiba tibourbou</i> ^a	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> ^a
<i>Calophyllum brasiliense</i> ^b	<i>Handroanthus impetiginosus</i> ^a
<i>Cariniana domestica</i> ^a	<i>Handroanthus serratifolius</i> ^a
<i>Cariniana estrellensis</i> ^c	<i>Himatanthus obovatus</i> ^a
<i>Cariniana rubra</i> ^a	<i>Hymenaea courbaril</i> ^c
<i>Cassia ferruginea</i> ^a	<i>Hymenaea martiana</i> ^c
<i>Cavanillesia umbellata</i> ^{c, d}	<i>Hymenolobium heringerianum</i> ^a
<i>Ceiba pubiflora</i> ^{a, c, d}	<i>Ixora longifolia</i> ^a
<i>Ceiba speciosa</i> ^{a, c, d}	<i>Kielmeyera lathrophyton</i> ^a
<i>Clusia burchellii</i> ^{a, b}	<i>Lamanonia ternata</i> ^a
<i>Clusia gardneri</i> ^{a, b}	<i>Laplacea fruticosa</i> ^a
<i>Copaifera langsdorffii</i> ^a	<i>Lonchocarpus sericeus</i> ^a
<i>Cordia glabrata</i> ^a	<i>Machaerium hirtum</i> ^a
<i>Cordia trichotoma</i> ^a	<i>Ouratea castaneifolia</i> ^a
<i>Coussarea hydrangeifolia</i> ^a	<i>Platymiscium floribundum</i> ^a
<i>Coutarea hexandra</i> ^a	<i>Platypodium elegans</i> ^a
<i>Dalbergia densiflora</i> ^a	<i>Schefflera morototoni</i> ^c
<i>Erytheca candolleana</i> ^a	<i>Tabebuia roseoalba</i> ^a
<i>Erythrina dominguezii</i> ^a	<i>Tibouchina candolleana</i> ^a
<i>Erythrina velutina</i> ^a	<i>Tibouchina stenocarpa</i> ^a
<i>Erythrina verna</i> ^a	

Essas espécies predominam nas formações florestais vinculadas a solos de média a alta fertilidade. Porém, a prática tem indicado que a maioria desenvolve satisfatoriamente também nas áreas de solos pobres ocupadas por cerrados.

Vale mencionar que, além dessas espécies, a flora arbórea do Cerrado contém diversas palmeiras arborescentes apropriadas para ornamentação, sendo algumas de ampla distribuição, como: *Acrocomia aculeata*, *Attalea speciosa*, *Euterpe oleracea*, *Mauritia flexuosa*, *Syagrus comosa*, *S. oleracea* e *S. romanzoffiana*.

Considerações finais

O mundo inteiro está preocupado com a conservação dos recursos bióticos que ainda restam nos ecossistemas naturais (Alcorn, 1995).

O Brasil, como signatário da Convenção sobre Diversidade Biológica e detentor de elevada biodiversidade, é um dos países que mais tem se preocupado com a conservação desses recursos.

As propostas de utilização das espécies da flora arbórea do Cerrado aqui apresentadas tiveram como intuito ajudar na ampliação e no aprofundamento das discussões e ações que buscam mudanças no atual padrão de utilização dos recursos biológicos desse bioma. No entanto, devido à grandiosidade e às múltiplas possibilidades de uso dessa flora, tais propostas são apenas uma fração daquelas que podem ser apresentadas.

Referências bibliográficas

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; *et al.* Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.) **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília, DF: EMBRAPA, CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. P. 33-74.

ALCORN, J. B. Economic botany, conservation, and development: what's the connection? **Annals of the Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v.82, p.34-46,1995.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; *et al.* **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. 464p.

BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A.; DIAS, P. F.; *et al.* Sistemas agrossilvipastoris: a importância das leguminosas arbóreas para as pastagens da região Centro-Sul. In: **4ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004**, Campo Grande, MS. **Anais**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2004. P. 191-204.

DANIEL, O.; PASSOS, C. A. M.; COUTO, L. Sistemas agroflorestais (silvipastoris e agrossilvipastoris na região Centro-Oeste do Brasil: potencialidades, estado da pesquisa e da adoção de tecnologia. In: CARVALHO, M. M. *et al.* (Eds.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. P. 153-164.

DIAS, B. F. S. Conservação da natureza no Cerrado brasileiro. In: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília, DF: Editora da UnB, 1994, p. 607-663.

FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; PINTO, J. R. R. Modelo nativas do bioma sepping stones na formação de corredores ecológicos pela recuperação de áreas degradadas no Cerrado. In: ARRUDA, M. B. (Org.). **Gestão integrada de ecossistemas aplicada a corredores ecológicos**. Brasília, DF: IBAMA, 2005. V. 1, p. 187-197, 2009.

FIASCHI, P.; PIRANI, J. R. Estudo taxonômico do gênero *Schefflera* J. R. Forst. & G. Forst. (Araliaceae) na Região Sudeste do Brasil. **Boletim de Botânica (USP)**, São Paulo, v. 25, p. 95-142, 2007.

GASTAL, M. L. Os instrumentos para a conservação da biodiversidade. In: BENSUNSAN, N. (Org.). **Seria melhor ladrilhar?** Biodiversidade - como, para que, por quê. Brasília: Editora UnB; Instituto Socioambiental, 2002. P.29-41.

GENTRY, A. H. **Bigoniaceae** - Part II (Tribe Tecomeae). New York: Organization for Flora Neotropica, 1992. 2370p. (Flora Neotropica Monograph, n.25).

GOEDERT, W. J. Região dos cerrados: potencial agrícola e política para seu desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.1, p.1-17, 1989.

GUARIM NETO, G. Espécies frutíferas do cerrado mato-grossense. **Boletim FBCN**, Rio de Janeiro, v. 20, p.46-56, 1985.

GUARIM NETO, G.; MORAIS, R. G. Medicinal plants resources in the cerrado of Mato Grosso. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v.17, p.561-584, 2003.

IBGE. **Mapa de biomas brasileiros**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. (Escala 1:5.000.000).

KAGEYAMA, P. Y. Conservação *in situ* de recursos genéticos de plantas. **IPEF**, Piracicaba, n.35, p.7-37, 1987.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian cerrado. **Conservation Biology**, v.19, n.3, p.707-713, 2005.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Recursos hídricos do bioma Cerrado: importância e situação. In: SANO, S.M. *et al.* (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados e Embrapa Informação Tecnológica, 2008. V. 1, p. 89-106.

- LOPES, A. S.; DAHER, E. Agronegócio e recursos naturais no Cerrado: Desafios para uma coexistência harmônica. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (Eds.). **Savanas: Desafios a estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. P. 173-209.
- MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P. *et al.* **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservação Internacional do Brasil, 2004a. (Relatório Técnico).
- MARTINS, P. S. Estrutura populacional, fluxo gênico e conservação *in situ*. **IPEF**, Piracicaba, n.35, p.71-78, 1987.
- MÉIO, B. B.; FREITAS, C. V.; JATOBÁ, L.; *et al.* Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado *sensu stricto*. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, p.437-444, 2003.
- MONTAGNINI, F. **Sistemas agroflorestais: princípios y aplicaciones em los tropicos**. 2a ed. San José: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1992. 622p.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v.52, p.141-194, 1995.
- PENNINGTON, R. T. Monograph of *Andira* (Leguminosae - Papilionoideae). **Systematic Botany Monographs**, v.64, p.1-143, Mar.2003.
- PENNINGTON, T. D. **The genus *Inga*: botany**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1997. 844p.
- PEREIRA, B. A. S. (Coord.). **Árvores do Brasil Central: espécies da Região Geoeconômica de Brasília**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.V. 1, 417p.
- PEREIRA, B. A. S. (Coord.). **Árvores do Brasil Central: espécies da Região Geoeconômica de Brasília**. Rio de Janeiro: IBGE, no prelo. V. 2.
- POTT, A.; POTT, V. J. Plantas nativas potenciais para sistemas agroflorestais em Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Embrapa, 2003. CD-ROM.

PRANCE, G. T. **Chrysobalanaceae**: supplement. New York : Organization for Flora Neotropica, 1989. 267p. (Flora Neotropica Monograph, n.95).

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; *et al.* Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M. *et al.* (Eds.). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Cerrados e Embrapa Informação Tecnológica, 2008. V. 1, p. 107-149.

RIBEIRO, J. F.; OLIVEIRA, M. C.; GULIAS, A. P. S. M.; *et al.* Usos múltiplos da biodiversidade no Cerrado. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Eds.). **Savanas**: desafios a estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. P. 336-370.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. & RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado**: ecologia e flora. Embrapa Cerrados e Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2008. V. 1, p. 151-209.

RIBEIRO, J. F.; DUBOC, E.; MELO, J. T. **Sistemas agroflorestais como instrumento para o desenvolvimento sustentável no bioma Cerrado**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

SILVA, L. F. G.; LIMA, H. C. Mudanças nomenclaturais no gênero *Tachigali* Aubl. (Leguminosae-Caesalpinioideae) no Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.58, n.2, p.397-401, 2007.

SILVA, M. J.; TOZZI, A. M. G. A. Revisão taxonômica de *Lonchocarpus s. str.* (Leguminosae, Papilionoideae) do Brasil. **Acta Botanica Brasilica** [online], v.26, n.2, p.357-377, 2012.

SILVA, J. A.; SILVA, D. B. JUNQUEIRA, N. T. V. *et al.* **Frutas nativas dos cerrados**. Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC; EMBRAPA, SPI, 1994. 166p.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do Cerrado. In: SANO, S.M. *et al.* (Eds.). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Cerrados e Embrapa Informação Tecnológica, 2008. V. 1, p. 69-88.

SILVA JÚNIOR, M. C.; PEREIRA, B. A. S. + **100 Árvores do Cerrado**: matas de galeria: guia de campo. Brasília, DF: Rede de Sementes do Cerrado, 2009. 288p.

SORGO SACARINO - RENDIMENTO EXTRA NA ENTRESSAFRA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Halan Vieira de Queiroz Tomaz¹

Rafael Tadeu de Assis²

Introdução

A demanda mundial por combustíveis renováveis tem se expandido rapidamente nos últimos anos, devido à preocupação com a redução do volume de emissões de gases causadores do efeito estufa até 2020, como determina o compromisso assumido pelo governo brasileiro na COP 15. Além disso, incertezas a respeito da disponibilidade futura de recursos não renováveis e tensões geopolíticas em regiões produtoras de petróleo tem despertado grande interesse no mundo pelos biocombustíveis, pois estes são os mais viáveis substitutos para o petróleo, em escala significativa.

O Brasil assume com sucesso a liderança mundial na geração e na implantação de moderna tecnologia de agricultura tropical e possui pujante agroindústria. Nesse contexto, destaca-se a cadeia produtiva do etanol, reconhecida como a mais eficiente do mundo, conduzida por classe empresarial dinâmica, acostumada a inovar e assumir riscos. A produção de etanol constitui, assim, um mercado em ascensão para a geração de combustível renovável e para o estabelecimento de uma indústria química de base, sustentada na utilização de biomassa de origem agrícola e renovável. Para manter esse perfil, justifica-se o estudo e o domínio da tecnologia que inclua novas matrizes (espécies vegetais) energéticas com a eficiência de produção e rendimento em álcool.

Ao lado da cana-de-açúcar, que é tradicionalmente empregada na produção de etanol, o sorgo sacarino apresenta-se como uma ótima opção sob o ponto de vista agrônômico e industrial. O sorgo sacarino pode oferecer, dentre outras, as seguintes vantagens: rapidez no ciclo (quatro meses); cultura totalmente mecanizável (plantio por sementes, colheita mecânica); colmos suculentos com açúcares diretamente fer-

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Fitotecnia, Doutorando - Esalq/USP.

² Engenheiro Agrônomo, Mestre, Professor do curso de Agronomia do Centro Universitário do Planalto de Araxá - UNIARAXÁ.

mentáveis (produção de 40 a 60 t ha⁻¹ de colmos); utilização do bagaço como fonte de energia para a industrialização, para a co-geração de eletricidade ou como forragem para alimentação de animais, contribuindo para um balanço energético favorável.

Sendo assim, o sorgo sacarino é a espécie hoje mais promissora para elevar a quantidade produzida de etanol anualmente no Brasil, de forma rápida e segura, uma vez que não há necessidade de mudanças estruturais e logísticas do parque industrial e operacional das usinas que o receberão. Os colmos de sorgo podem ser colhidos com a mesma colhedora da cana, e a época de colheita ideal se dá justamente na entressafra da cana, ou seja, quando a produção de etanol por hectare é máxima no sorgo, a cana está muito abaixo do seu potencial máximo de produção.

Práticas agrícolas para o cultivo de sorgo sacarino

A implantação do sorgo sacarino é de fácil instalação, pois permite mecanização completa dos processos de cultivo e colheita da cultura. Em sistemas intensivos de cultivo, o sorgo sacarino se destaca por suas características de alta produção e boa qualidade alcançadas nos períodos mais quentes do ano.

O sorgo sacarino basicamente tem sido recomendado para cultivo em áreas de reforma de canaviais, com o objetivo de fornecer matéria-prima para a produção de etanol na entressafra de cana-de-açúcar, principalmente na região Sudeste. O semeio para essa região é recomendado entre os meses de novembro e dezembro e a colheita é programada para março e abril, justamente quando a cana ainda não apresenta elevados valores de °Brix, inviabilizando sua colheita.

Portanto, para que se consiga um bom desenvolvimento da lavoura, almejando altas produtividades de biomassa e elevada produção, a lavoura de sorgo sacarino demanda os mesmos cuidados que qualquer cultura, como adequado preparo de solo, boa fertilização de base e cobertura, controle de plantas daninhas e pragas.

Preparo do solo

O momento do preparo de solo e semeadura da lavoura de sorgo sacarino é muito importante para o sucesso do empreendimento. No Sudeste, o grande volume de chuvas ocorre justamente no período ideal de semeio da espécie, sendo assim, a instalação da lavoura pode

sofrer atrasos consideráveis, em virtude da impossibilidade da entrada de máquinas na área, principalmente em solos mais argilosos. Dessa forma, deve-se programar o preparo de solo antes do período chuvoso.

Quando o sorgo sacarino é cultivado em área de reforma de canaviais, deve-se proceder a eliminação das soqueiras da cultura anterior, por método químico, associando posterior subsolagem (caso haja presença de camada compactada em subsuperfície), razão e gradagens niveladoras sequenciais, visando estabelecer um bom leito de semeadura, já que as sementes não germinam uniformemente quando não há uma boa aderência delas ao solo. Atenção especial deve ser dada ao manejo conservacionista do solo, pois existe o risco de erosão quando o semeio do sorgo sacarino é feito em solos preparados convencionalmente, especialmente em épocas chuvosas. Por isso, deve-se planejar o terraceamento da área (base larga ou embutido) de forma a não atrapalhar o trânsito de máquinas da cultura sucessora.

Época de semeadura

A cultura do sorgo sacarino pode ser semeada visando atender à demanda das usinas durante o período de entressafra da cana-de-açúcar ou durante a safra de inverno, após uma cultura de verão.

O sorgo sacarino geralmente é semeado em duas situações: a) entressafra da cana-de-açúcar e b) na safrinha após o cultivo da soja. Na entressafra da cana-de-açúcar, a época de semeadura do sorgo sacarino ocorre nos meses de outubro e novembro, para suprir a produção de etanol nos meses de dezembro a março, quando as usinas estão sem matéria-prima (cana-de-açúcar) para moagem.

Já na safrinha, ele é semeado após a cultura da soja, entre os meses de janeiro e abril. Porém, é importante salientar que o atraso na época de plantio pode acarretar perdas significativas na produtividade da cultura, em virtude do déficit hídrico e/ou por fortes limitações de radiação solar na fase final do seu ciclo.

Profundidade de semeadura

A planta de sorgo é muito frágil do estágio de emergência até os 20 dias de idade. A semente de sorgo tem poucas reservas de alimentos para promover o arranque inicial da plântula, que é lento até que o sistema

radicular esteja bem desenvolvido e que a jovem planta passe a absorver nutrientes do solo. A semente de sorgo, por ser pequena e com pouca reserva, apresenta dificuldades no processo de germinação. Diante desse problema, é importante que a semente seja depositada em uma profundidade adequada e uniforme e que tenha uma boa aderência ao solo.

De acordo com a Embrapa, a profundidade de semeadura em solos argilosos não deve ultrapassar cerca de 2 cm e que o fertilizante seja depositado de 8 a 10 cm de profundidade. Normalmente, utiliza-se para semear um hectare cerca de 7-8 kg de sementes. Em áreas comerciais de cultivo de sorgo sacarino, é comum a aplicação de apenas uma adubação de cobertura, visando reduzir o custo da operação agrícola. A população de plantas deve girar entre 100.000 e 120.000 plantas por hectare; contudo, o espaçamento entre linhas pode variar, conforme o equipamento de colheita que será utilizado.

É importante salientar que o aumento na produção de biomassa (folhas + colmos) não necessariamente resulta no aumento da massa de colmo por hectare, tendo em vista que o aumento da densidade pode resultar na redução do seu diâmetro. A redução de diâmetro do colmo se correlaciona positivamente com o acamamento e quebraimento de plantas. Dessa forma, os produtores devem ficar atentos à regulação das semeadoras, evitando o estabelecimento de altas populações.

Pesquisas têm demonstrado maiores produtividades de caldo por área em menores espaçamentos. Mas, dependendo da região produtora, existe o risco de acamamento, principalmente nos meses de janeiro e março, devido às chuvas com grandes ventanias, comuns nessa época. Plantações muito adensadas e com crescimento vegetativo muito vigoroso são mais suscetíveis ao problema. Dois graves entraves à produção de sorgo sacarino necessitam atenção especial: plantas daninhas e a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*).

Exigências nutricionais e adubação do sorgo sacarino

Considerando-se o gerenciamento da fertilidade do solo, das exigências nutricionais e do manejo da adubação do sorgo sacarino, pode-se dizer que sua eficiência no incremento da produtividade será tanto maior quanto melhor for o ajuste dos fatores de construção da produtividade. Assim, a fertilidade dos solos, a nutrição e a adubação

são componentes essenciais para a construção de um sistema de produção eficiente. A disponibilidade de nutrientes deve estar sincronizada com o requerimento da cultura, em quantidade, forma e tempo. Um programa racional de adubação envolve as seguintes considerações: a) análise da fertilidade do solo; b) diagnose da fertilidade do solo e histórico de uso das glebas; c) requerimento nutricional do sorgo sacarino; d) padrões de absorção e acumulação dos nutrientes, principalmente N, P e K; e) fontes dos nutrientes; f) manejo da adubação.

Apesar das vantagens de suas características de tolerância a estresses hídricos, um mito que deve se quebrado o de que o sorgo se adapta aos solos degradados e de baixa fertilidade. Entretanto, o sorgo responde intensamente a incrementos no suprimento de água e à adubação, alcançando ou superando, em alguns casos, as produções de massa seca e de grãos normalmente obtidas com a cultura do milho.

O que se tem verificado é o desenvolvimento do sorgo ser bastante prejudicado quando a umidade no solo fica abaixo de 70-75% da água disponível na profundidade efetiva do sistema radicular. Assim, quando não é possível usar irrigação, deve-se buscar o condicionamento do perfil do solo em subsuperfície, principalmente com relação ao fornecimento de cálcio e redução da toxidez por alumínio por meio da calagem e gessagem. Com isso, torna-se o ambiente edáfico favorável ao maior aprofundamento do sistema radicular, amenizando os efeitos detrimenais dos períodos de déficit hídrico sobre a produtividade. Desse modo, a fertilidade dos solos, a nutrição e adubação são componentes essenciais para a construção de um sistema de produção eficiente (EMBRAPA, 2012).

Segundo pesquisadores da Embrapa, o requerimento nutricional varia diretamente com o potencial de produção. Por exemplo, os dados obtidos para sorgo forrageiro, apresentados na Tabela 1, dão uma ideia da extração de nutrientes pelo sorgo. Observa-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento na produtividade, e que a maior exigência do sorgo refere-se ao nitrogênio e potássio, seguindo-se de cálcio, magnésio e fósforo.

O fato de culturas com maiores rendimentos extraírem e exportarem maiores quantidades de nutrientes e, portanto, necessitarem de doses diferentes de fertilizantes, nas recomendações oficiais de adu-

bação para a cultura do sorgo no Brasil, as doses dos nutrientes são segmentadas conforme a produtividade esperada. Isso se aplica mais apropriadamente, a nutrientes como nitrogênio e potássio, extraídos em grandes quantidades, mas também é válido para o fósforo.

No que se refere à exportação dos nutrientes, o fósforo e o nitrogênio são quase totalmente translocados para os grãos, seguindo-se o magnésio, o potássio e o cálcio. Isso implica que a incorporação dos restos culturais do sorgo devolve ao solo parte dos nutrientes, principalmente potássio, cálcio e magnésio, contidos na palhada. Entretanto, mesmo com a manutenção da palhada na área de produção e, em decorrência das grandes quantidades que são exportadas pelos grãos, faz-se necessária a reposição desses nutrientes em cultivos seguintes.

Tabela 1 - Extração média de nutrientes pela cultura do sorgo forrageiro em diferentes níveis de produtividade.

Matéria seca total	Grãos	Nutrientes extraídos ⁽¹⁾				
		N	P	K	Ca	Mg
Kg/ha	%	Kg/ha				
7.820	37	93	13	99	22	8
9.950	18	137	21	113	27	28
12.540	16	214	26	140	34	26
16.580	18	198	43	227	50	47

(1) Para converter P em P_2O_5 , K em K_2O , Ca em CaO e Mg em MgO, multiplicar por 2,29, 1,20, 1,39 e 1,66, respectivamente.

Fonte: *Embrapa Milho e Sorgo*.

Mecanização

O interesse atual das usinas de álcool pela cultura do sorgo sacarino tem sido muito grande, principalmente para a complementação da cultura da cana-de-açúcar, no período de entressafra. Um dos problemas da instalação do sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar é a semeadura direta na palhada da cana. Por isso, há necessidade de se buscar informações sobre o sistema de mecanização objetivando viabilizar o sistema de produção da cultura, dando ênfase principalmente ao plantio direto e à colheita mecanizada.

A cultura de sorgo sacarino é totalmente mecanizável e usa os mesmos equipamentos de plantio e cultivo utilizados para o sorgo gra-

nífero ou silageiro. Já na colheita, são usados equipamentos de colheita de cana e colhedoras de forrageiras. Mas a cultura também pode ser conduzida manualmente, e sua adaptação a sistemas utilizados por pequenos produtores é muito boa.

Controle de plantas daninhas

Um dos principais entraves para a cultura do sorgo tem sido o controle de plantas daninhas, que prejudicam o desenvolvimento da cultura não apenas pela competição por água e luz, mas também pelos nutrientes, principalmente o nitrogênio. As plantas daninhas têm gerado, quando em alta infestação, alto grau de interferência (ação conjunta da competição e da alelopatia), podendo a redução de grãos alcançar até 70% (SILVA *et al.*, 1986) a 84,6 % (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Recomendam-se apenas herbicidas à base de atrazine, ideal para controle de dicotiledôneas e algumas monocotiledôneas, em pré-emergência. Em áreas de produção, pratica-se a aplicação, logo após semeio, com solo úmido. Havendo escape de alguma erva, e dependendo do grau de infestação da área, pode ser necessária uma capina mecanizada com o auxílio de um cultivador nas entrelinhas do sorgo.

As aplicações dos herbicidas, para que os produtores tenham uma melhor eficácia deverão, na maioria das vezes, ser realizadas quando as plantas não estiverem em estresse hídrico, em temperatura ambiente no momento nunca inferior a 10 °C e superior a 35 °C, sendo a temperatura ideal entre 20 e 30 °C, com umidade relativa do ar não inferior a 60% e nunca com ventos superiores a 10 km/h.

Controle de pragas

O sorgo sacarino tem-se mostrado bastante sensível ao ataque de insetos-pragas durante o ciclo de cultivo. Como a parte de interesse econômico da planta é o colmo para extração do caldo, apenas as espécies-pragas que atacam o sorgo durante sua instalação e seu desenvolvimento vegetativo têm ameaçado o sucesso dessa cultura. Um dos fatores-chave no sistema de produção é manejar a ocorrência dessas pragas de forma a minimizar os prejuízos com a adoção de estratégias de manejo eficientes.

Com relação à broca-da-cana, o manejo se dará de forma muito próxima ao que é utilizado em cana, através de técnicas de controle biológico que já se mostraram altamente eficientes.

Controle de doenças

As doenças que atacam a cultura do sorgo sacarino são praticamente as mesmas que infectam os outros tipos de sorgo (granífero, pastejo e silageiro), as quais, dependendo do grau de infestação, podem ser limitantes à produção, de acordo com as condições ambientais e a suscetibilidade de cada cultivar. Em função das condições climáticas e da região em que o sorgo sacarino for cultivado, pode ocorrer o ataque de patógenos causadores de doenças foliares e da panícula, de agentes causais de doenças sistêmicas e de fungos de solo causadores de podridões radiculares e viroses. Dentre as doenças que afetam a cultura, em especial a do sorgo sacarino, no Brasil, destacam-se como importantes a antracnose (*Colletotrichum sublineolum*), o míldio (*Peronosclerospora sorghii*), a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), a ferrugem (*Puccinia purpurea*), o ergot ou doença açucarada (*Claviceps africana*) e a podridão seca (*Macrophomina phaseolina*).

Quanto à decisão sobre a aplicação de fungicidas para o controle de doenças foliares na cultura do sorgo, dois pontos devem ser considerados: 1) a fase do ciclo da cultura na qual as plantas são mais sensíveis ao ataque de patógenos e 2) o período de ocorrência das principais doenças. As plantas de sorgo durante a fase vegetativa são mais sensíveis à helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) e, após o florescimento, a antracnose foliar (*Colletotrichum sublineolum*) torna-se a doença mais importante. Sendo assim, a recomendação para o controle químico de doenças deve considerar a ocorrência das doenças e a fase do ciclo da cultura.

Colheita

As grandes áreas de cultivo do sorgo sacarino têm sido colhidas com colhedoras de cana, que possibilitam alto rendimento e eficiência de corte, em toletes (apenas colmos), similares à cana. Portando, pôde-se observar que com uma pequena adaptação, as usinas que cultivam tradicionalmente a cana podem perfeitamente utilizar dessa experiência para o cultivo do sorgo sacarino e assim aumentar o potencial produtivo de suas áreas.

O ponto ideal para colheita e o período de utilização industrial são determinados através dos valores de Brix, açúcares redutores e totais e percentagem de caldo, na curva de maturação de cada cultivar, ao longo do tempo, a partir do décimo dia após o florescimento até o estágio do grão maduro, e no caso das variedades, de 30 a 60 dias após o florescimento. De acordo com Schaffert *et al.* (1980), o sorgo sacarino, após atingir o florescimento, inicia o processo de acúmulo de açúcares em uma taxa mais elevada, até alcançar a maturação fisiológica dos grãos. Nessa época, normalmente, ocorre o máximo no conteúdo de açúcares redutores e totais no caldo e na percentagem de caldo extraível. Estes dois parâmetros, entretanto, constituem um método aproximado de determinação do ponto ótimo de colheita, que pode variar de acordo com a cultivar e as condições ambientais.

Planejamento Industrial

A produção econômica e sustentável de etanol a partir do sorgo sacarino requer níveis mínimos de produção de açúcar e teor de açúcar total (ART) no caldo. Na Tabela 2, a comparação com a cana-de-açúcar das características tecnológicas. Um ART mínimo de 12,5% é desejável porque a levedura pode converter completamente este nível de açúcar em etanol dentro de 6 a 10 horas. Concentrações de ART menores que 12,5% resultarão em uma baixa eficiência de utilização dos tanques de fermentação, aumentando assim os custos industriais. Com a experiência, verifica-se que a extração de 80 kg de açúcar por tonelada de colmos (com base em prensa hidráulica padrão) produzirá 2.200 a 2.500 litros de etanol por hectare nas usinas, com rendimentos de biomassa de 40 t ha⁻¹. O período de utilização industrial (PUI) é o número de dias em que uma cultivar apresenta ART acima de 12,5% e extração de açúcar superior a 80 kg t⁻¹, com base na extração de açúcar a partir de uma amostra de 500 gramas, utilizando uma prensa hidráulica (245 kg cm⁻² durante 60 segundos). Recomenda-se um período mínimo de 30 dias desses limites inferiores, para cada cultivar, para o planejamento e a gestão industrial da destilaria. A curva de maturação deve ser caracterizada durante um período de 60 dias, a partir de 10 a 20 dias após o florescimento, com amostragens em intervalos de 7 dias para determinação do PUI de cada cultivar de sorgo sacarino a ser re-

comendada. Esta caracterização deve ser realizada no ambiente no qual a cultivar será cultivada. Deve-se ter em mente também que um ART de 12,5% corresponderá a aproximadamente um grau Brix de 14,25 a 14,5. Com base no PUI de cada cultivar, a data ou as datas de plantio das cultivares a serem utilizadas pode(m) ser programada(s) para que se produza matéria-prima de sorgo sacarino diariamente durante o período desejado. Resultados de pesquisas da Embrapa Milho e Sorgo indicam que o PUI dos híbridos é significativamente mais curto do que o das variedades, raramente passando de 10 dias.

Do ponto de vista de processamento industrial, a utilização do sorgo sacarino pouco se diferencia da cana-de-açúcar para a produção de etanol.

Tabela 2 - Características tecnológicas da cana-de-açúcar e do sorgo sacarino.

Características	Cana-de-açúcar	Sorgo Sacarino
Brix caldo	18-25	15-19
Sacarose caldo (%)	14-22	8-13
AR caldo (%)	0,5-1	1-3
Glicose caldo (%)	0,2 - 1	0,5 - 2
Frutose caldo (%)	0 - 0,5	0,5 - 1,5
Pureza	80 - 90	60 - 75
Fibra (%)	10 - 15	12 - 20
ART caldo (%)	15 - 24	12 - 17
Amido caldo (%)	0,001 - 0,05	Até 0,5

Fonte: *Embrapa*

Viabilidade econômica

A produção de etanol a partir do sorgo sacarino tem sido considerada viável devido à semelhança com a cana-de-açúcar, ao alto teor de açúcares, uma boa produção de biomassa, custos inferiores ao da cana-de-açúcar (Figura 1), além do processamento poder ser feito nas usinas de cana-de-açúcar. Entretanto, há poucos estudos e informações sobre a viabilidade técnico-econômica da produção de etanol a partir do sorgo sacarino. Alguns fatores possuem importantes efeitos sobre os custos de produção de etanol a partir do sorgo, como o preço das matérias-primas, o preço do etanol e os fatores de conversão. O potencial mínimo de geração de etanol de sorgo sacarino está estimado em 3.223 L/ha, com uma produtividade que gira em torno de 55 t/ha, o que representa cerca de 58,6 L/t.

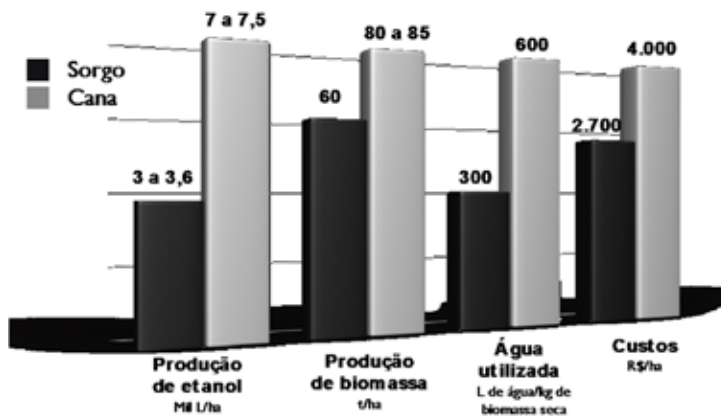


Figura 1 - Principais indicadores Cana x Sorgo sacarino.

Fontes: *Embrapa e Monsanto*

Entretanto, as baixas escalas de produção do etanol de sorgo sacarino ainda restringiriam a obtenção de custos de produção menos elevados. Mesmo com custos de produção por hectare menores que o da cana-de-açúcar, os níveis reduzidos de produtividade teriam grandes efeitos sobre a quantidade de etanol de primeira geração que pode ser obtido. As disparidades no potencial de produção entre as duas alternativas (sorgo sacarino e cana) estão traduzidas nas diferenças de receitas líquidas. Por exemplo, com produtividade de 70 t/ha, a receita líquida do etanol de sorgo seria apenas $\frac{1}{2}$ daquela obtida pela cana-de-açúcar. Ainda assim, o estabelecimento de modelos produtivos entre cana-de-açúcar e sorgo sacarino seria uma forma interessante de aproveitar as terras disponíveis em áreas de plantação de cana, notadamente na renovação do canavial.

Este tipo de arranjo já ocorre com outras culturas como amendoim, soja e milho, embora os custos de produção destas culturas estejam bem acima dos custos verificados para o sorgo, cerca de R\$ 1.610/ha para a soja e R\$ 2.544/ha para o milho. Certamente, as estimativas para o sorgo sacarino apontam para um potencial favorável de geração de receitas. O cenário torna-se ainda mais promissor quando se consideram as limitações advindas da extrema dependência da produção de etanol a partir de uma só cultura. As dificuldades na oferta de etanol no

Brasil e as variações no preço deste combustível, com efeito, poderiam ser minimizadas diante a presença de fontes alternativas de biocombustíveis como o sorgo sacarino, o que aumentaria e regularizaria a produção.

Considerações finais

O Brasil está passando por aumentos dos preços de etanol e riscos de desabastecimento nos períodos de entressafra. Os problemas de estoque e de alta nos preços do etanol continuarão a ocorrer nos períodos de entressafra. Neste contexto, o sorgo sacarino, que produz etanol usando a mesma levedura que a cana e é plantado justamente na fase de entressafra, pode ser uma solução. A cultura do sorgo sacarino é uma alternativa viável sob os pontos de vista agrônômico e industrial, para a produção de etanol e bioeletricidade.

Referências bibliográficas

SCHAFFERT, R. E.; SANTOS, F. G.; BORGONOV, R. A.; SILVA, J. B. Aprenda a plantar sorgo sacarino. **Agroquímica**, São Paulo, v. 13, p. 10-14, 1980.

SILVA, J. B.; PASSINI, T.; VIANA, A. C. Controle de plantas daninhas na cultura do sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 144, p. 43-45, 1986.

Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G - Tecnologia Qualidade Embrapa / Editores técnicos: May, A. *et al.* Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2012. 120 p.

RODRIGUES, A. C. P.; COSTA, N. V.; CARDOSO, L. A.; CAMPOS, C. F.; MARTINS, D. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo. **Planta Daninha**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 23- 31, 2010.

REFLEXÕES SOBRE A SOCIOLOGIA NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Ivana Guimarães Lodi¹

“Sem a cultura, e a liberdade relativa que ela pressupõe, a sociedade, por mais perfeita que seja, não passa de uma selva. É por isso que toda a criação autêntica é um dom para o futuro”.

Albert Camus

A importância da Sociologia na formação do ser social

Nenhum ser humano consegue viver isolado. No decorrer de nossas vidas, vamos aprendendo e desenvolvendo uma série de habilidades que nos permite nos relacionar com o mundo em que vivemos. A socialização, entendida como o processo de aprendizagem vivenciada e internalizada durante a vida do indivíduo é um exercício cotidiano, um processo em que o ser humano apreende, aprende e se adapta aos valores, normas e costumes do ambiente em que vive, tornando-se um ser humano.

A sociedade humana é formada por pessoas com necessidade umas das outras para dar continuidade à espécie, buscar seus objetivos e realizar sonhos. Sem as comunidades o homem não se organizaria e não sobreviveria. É o outro que ajuda na busca por alimento e abrigo, seja da forma mais simples, quando o pequeno agricultor planta e colhe, seja através do que constrói, do que cuida de doenças, do que educa. O mundo moderno exige cada vez mais que essa ajuda seja diária, porém ela é imperceptível para muitos. Seres humanos têm necessidades materiais, afetivas e espirituais. Cada pessoa precisa de afeto, atenção, carinho, respeito (LAKATOS, 1997).

Quando falamos em Sociologia, podemos dizer que é a ciência que tenta entender e explicar a vida social em suas diversas relações e manifestações. A Sociologia nasceu de uma mudança radical da sociedade e pode ser entendida como uma manifestação do pensamento

¹ Pedagoga e historiadora. Mestre em Educação Superior. Professora e coordenadora da CPA no UNIARAXÁ. Professora de Sociologia no curso de Agronomia desta instituição.

moderno. O mundo social, que até então não havia sido incorporado à ciência, passa com a evolução do pensamento científico a ser enfocado e estudado pela Sociologia (MARTINS, 1994).

O surgimento da Sociologia se dá em um contexto histórico específico, que coincide com o esfacelamento das bases da sociedade feudal e o estabelecimento de uma nova ordem social que levou à consolidação da sociedade capitalista.

O século XVIII foi marcado por grandes transformações, levando o homem a analisar a sociedade de forma mais profunda, surgindo assim, um novo “objeto” de estudo. Essa situação foi gerada pela ideologia Iluminista e pelas revoluções industrial e francesa, que mudaram completamente o curso que a sociedade estava tomando na época. A Revolução Industrial, por exemplo, representou a consolidação do capitalismo, uma nova forma de viver, a destruição de costumes e instituições, a automação, o aumento dos problemas sociais como prostituição e violência, o crescimento desordenado das cidades, a formação do proletariado que era a classe trabalhadora e vivia de salários pagos pela burguesia, donos do capital. Essas novas existências vão, lentamente, modificando o pensamento moderno, que vai se tornando racional e científico, substituindo as explicações teológicas, filosóficas e de senso comum, que levam à criação da Sociologia como ciência independente, ciência que mesmo antes de ser considerada como tal, estimulou a reflexão da sociedade moderna colocando como “objeto de estudo” a própria sociedade, tendo como principais articuladores Augusto Comte e Émile Durkheim (COSTA, 1997).

A Sociologia é uma disciplina que tem como objetivo levar o aluno a reflexão e crítica dos acontecimentos sociais, não aceitando as informações superficiais, sem comprovações científicas, cheias de vícios e preconceitos do senso comum. Nasceu da necessidade de entender o comportamento social, buscando soluções para os desvios que impenhem os seres humanos de viverem de maneira mais harmoniosa, como também, compreender as diferentes sociedades e culturas.

Os estudos sociológicos são de interesse de todos os segmentos sociais, pois envolvem as áreas do convívio humano — desde as relações na família até a organização das grandes empresas, o papel da

política na sociedade ou o comportamento religioso. Por essa razão, o conhecimento sociológico, através dos seus conceitos, teorias e métodos, pode constituir para as pessoas um excelente instrumento de compreensão das situações com que se defrontam na vida cotidiana, das suas múltiplas relações sociais e, conseqüentemente, de si mesmas como seres inevitavelmente sociais (CASTRO, 2000).

Octavio Ianni reafirma a importância da Sociologia como

forma de autoconsciência científica da realidade social (...), que expressa o entendimento que a sociedade, no seu todo ou em seus segmentos mais importantes, desenvolve a propósito de sua organização e seu funcionamento, refletindo o modo pelo qual ela se produz e reproduz, forma e transforma (1999, p. 15).

Como o conhecimento é prático, social, histórico e está inserido em diversas formas relacionais referenciadas na prática social, não se aceita mais seu caráter ordenado, linear e hierarquizado, diante da complexidade da realidade.

Novamente Ianni (1997, p. 15), nos diz que

a mundialização da sociedade capitalista redefiniu as formas de vida e trabalho, os modos de ser, agir, pensar, sentir e imaginar vigentes no século XX, acarretando a configuração de novas realidades sociais e mentais, novos tempos e espaços que requerem seres aptos ao enfrentamento destes e outros vários desafios que se fazem sentir cotidianamente.

O próprio conceito de cidadania assume novos contornos e matizes na sociedade contemporânea, pois não mais se esgota no espaço nacional, nem envolve somente os tradicionais direitos. Hoje, a cidadania inclui novos direitos, como o ambiental, o respeito à diversidade cultural, sexual, e atinge uma dimensão planetária, diante dos problemas que afetam a sociedade global, nacional, regional e local de maneiras particulares, porém interligadas a um único processo de desenvolvimento do capitalismo mundial. São problemas como as enormes desigualdades sociais e econômicas, a questão ambiental, as várias guerras, a discriminação, o preconceito e a intolerância racial, étnica e religiosa, comprometendo as próprias condições de existência da humanidade enquanto espécie sobre o planeta (GADOTTI, 2000).

A Sociologia é uma ciência que leva à formação da autocrítica, está sempre se questionando, discutindo seu objeto e seu método, em decorrência da própria natureza da realidade social, que “é viva, complexa, intrincada, contraditória, em contínuo devir” (IANNI, 1999). Mas a análise sociológica, ao mesmo tempo em que contribui para uma compreensão sistemática, totalizante e rigorosa da realidade social, incorpora-se aos movimentos desta realidade, possuindo expressiva participação na sua constituição.

Assim, os conteúdos e experiências sociológicos proporcionados aos alunos no contexto de uma instituição de ensino superior atuam no sentido da construção de determinadas identidades individuais e coletivas, atuando na formação de sujeitos capazes de exercer uma cidadania crítica, responsável e combativa e uma prática profissional de forma contextualizada.

A Sociologia na formação do Engenheiro agrônomo

Quando pensada em relação ao curso de Agronomia, a Sociologia é abordada dentro de um viés que abrange as relações do homem com o meio rural, as maneiras de produzir, os mecanismos envolvidos nesta produção, e as relações sociais no campo, com suas oportunidades, desafios, qualidade e superação das dificuldades.

A Sociologia rural não é simplesmente uma definição do rural em si mesmo, mas a ideia de que a própria noção de rural é elaborada a partir de determinadas condições sociais. O rural como parte de uma maneira de construção da realidade social.

Neste sentido, o próprio nascimento da Sociologia se observou num momento em que os problemas sociais relativos à emigração do campo para as cidades se impuseram como objeto de estudos e também como necessidade de tomadas de decisões por parte do Estado para a preservação do *status quo*. Os estudos de Comte que foi o criador da Sociologia, Durkheim, Weber e Marx buscaram analisar a situação da sociedade do século XIX, resultados do processo de industrialização, que entre outras consequências, fez com que houvesse um aumento considerável da pobreza que num primeiro instante, observava-se a existência de indivíduos pobres e, em seguida, a passagem dos casos particulares para o coletivo, para o social (COSTA, 1997).

A história do pensamento social e o surgimento da Sociologia têm no século XVIII a sua referência, já que este século foi testemunha de duas grandes revoluções, a industrial e a francesa que foram os marcos fundadores da sociedade capitalista. As mudanças sociais profundas que estes fatos históricos acarretaram levaram ao surgimento da Sociologia como ciência independente, embora este nome só venha a ser utilizado um século depois.

A Revolução Industrial representou a vitória da indústria capitalista que transformou grandes massas humanas em simples trabalhadores desprovidos de privilégios, já que novas formas de organização das atividades sociais foram introduzidas, levando a um caos generalizado, pois as formas habituais de vida foram destruídas e substituídas por um novo modelo de produzir construído sobre ao quase desaparecimento dos pequenos proprietários rurais, ao crescimento urbano acelerado e desorganizado, às relações de trabalho injustas e exploradoras.

A sociedade, então, se tornara em “problema”, em “objeto” a ser investigado devido à profundidade das transformações pelas quais passava. Os pensadores que testemunharam estas mudanças não eram especificamente sociólogos, eram antes de tudo homens liberais conservadores e socialistas (TOMAZI, 2000).

Durkheim, um dos fundadores da sociologia, afirmou certa vez que a partir do momento em que “a tempestade revolucionária passou, constituiu-se como que por encanto a noção de ciência social” (COSTA, 1997). A recente ciência tinha como tarefa intelectual repensar o problema de ordem social.

Muito embora, o nascimento da Sociologia se reporte à cidade, ou aos problemas urbanos, na realidade, os problemas rurais nunca deixaram de existir. Em muitos momentos, eles foram minimizados ou até mesmo ofuscados em função da hegemonia da cidade sobre o campo. Em outros, eles foram apreendidos a partir da dicotomia cidade-campo, dicotomia que refletia esta dominação, na medida em que o rural era identificado ao atraso, ao tradicional, portanto o contrário do progresso e da industrialização (WHITAKER, 2002).

No que diz respeito à realidade brasileira, sobretudo a partir das décadas de 1950, quando se observou o início da grande emigração do campo para as cidades, algumas análises priorizaram esta dicotomia,

enquanto outras a criticavam. Assim, a Sociologia rural deve enfatizar processos sociais, mas referidos à totalidade concreta que lhes dá sentido (MARTINS, 2000).

Alguns autores afirmam que a Sociologia rural foi por muito tempo, uma Sociologia da ocupação agrícola e da produtividade do que uma Sociologia propriamente rural. Mais uma Sociologia das perturbações do agrícola pelo rural do que uma Sociologia de um modo de ser e de viver mediados por uma maneira singular de inserção nos processos sociais e históricos. Muitas vezes o mundo rural foi objeto de estudo e de interesses dos pesquisadores rurais pelo lado negativo, ditados pelos modelos ditos modernos e não por aquilo que as populações rurais eram, ou seja, um modelo calcado no urbano (MARTINS, 2000).

Esse autor ainda continua:

Quando assumiu o mundo rural como objeto, a sociologia rural o fez mais como “adversária” do que como ciência isenta e neutra. Mais como ciência da modernização do que como ciência aberta à compreensão dos efeitos destrutivos e perversos que não raro a modernização acarreta. A modernização é um valor dos sociólogos rurais e não necessariamente das populações rurais, porque, de fato, para estas não raro ela tem representado desemprego, desenraizamento, desagregação da família e da comunidade, dor e sofrimento. (MARTINS, 2000, p. 87)

A Sociologia rural não deve se reduzir apenas a um campo parcelado de estudos, muitas vezes reduzido ao território físico, porém ela, ao mesmo tempo que incorpora o rural que ela constrói, ela própria é objeto de conhecimento (MARTINS, 2000). A realidade rural não deve ser tratada como concepções absolutas, fechadas em si mesmas, mas como concepções que pressupõem a análise do conhecimento do objeto rural concreto, considerado em sua multiplicidade do diverso. A contribuição da Sociologia rural é principalmente a conceituação científica sobre a vida rural e os processos vigentes. É buscar diagnosticar as características rurais, a existência de grupos sociais, as mudanças agrícolas, o desenvolvimento das novas tecnologias, a sustentabilidade no campo, a exigência de se produzir mais sem aumentar a área produtiva, como também, a relação com as diversas normas, leis e diretrizes.

Martins (2001, p.31) nos diz que a

Sociologia Rural tem um pesado débito para com as populações rurais de todo o mundo. As gerações vitimadas por uma sociologia a serviço da difusão de inovações, cuja prioridade era a própria inovação, ainda estão aí, legando aos filhos que chegam à idade adulta os efeitos de uma demolição cultural que nem sempre foi substituída por valores sociais incluídos, emancipadores e libertadores: ou legando aos filhos o débito social do desenraizamento e da migração para as cidades ou para as vilas pobres próximas das grandes fazendas de onde saíram, deslocados que foram para cenários de poucas oportunidades e de nenhuma qualidade de vida.

É preciso levar em consideração esta contradição entre vida urbana e rural e os desafios impostos à superação desta visão muitas vezes distorcida e ainda arraigada no modelo de “dono da terra e empregado/escravo”, que foi a base de construção de nosso país. Essa visão se espalhou e se consolidou, sendo percebida não apenas no que diz respeito ao acesso às inovações, aos valores e às diferenças na aquisição aos mecanismos de produção e geração de riqueza, mas também, na própria formação que é oferecida aos moradores e produtores que vivem e trabalham no campo.

Quanto a isso Whitaker (2002) nos diz que “a sociedade capitalista já incute o preconceito de que o urbano é melhor que o rural, porque é na cidade que se tem progresso. Assim a educação urbana merece mais qualidade que a rural”. Para a autora, também a escola acabou se tornando uma agência urbana de controle social e que veicula a cultura urbana.

Por isso, é possível pensar que o que se passa dentro de uma sala de aula urbana não tem nada a ver com a realidade da criança ou adulto do campo, embora muitos pensem que as pessoas do campo são atrasadas. Portanto, a educação capitalista urbanocêntrica representa a exclusão daqueles que vivem no campo.

Recorremos mais uma vez a Whitaker (2002), quando nos diz que precisamos desenvolver e ter uma visão poliocular, ao pensar e trabalhar com as questões rurais, como também, combater o que ela chama de “olhares preconceituosos” que mesmo sem percebermos, manifesta-se em nossas relações com o rural. Estes “olhares” podem ser sentidos através de conceitos, ou pré-conceitos como: “O outro não

sabe”, assim, precisa ser ensinado sempre, “O outro não tem perspectiva”; “O outro não participa”, “O outro não entende as informações”, “O outro é exótico”, dentre outros.

Todos estes “olhares” surgem sob o paradigma urbano, sendo assim, para qualquer profissional da Agronomia, pensar e discutir estes olhares é fundamental para que, até mesmo o seu trabalho, possa ser exercido de forma qualitativa gerando crescimento e qualidade para todos os envolvidos. Assim, a Sociologia como disciplina nos cursos de Agronomia, tem caráter fundamental para que esta desmistificação e preconceito sejam combatidos e superados, visando promover crescimento, desenvolvimento e qualidade de vida a todos os que compartilham deste processo.

Considerações finais

Todo início de um novo semestre, quando nos vimos diante de uma turma ingressante no curso superior de Agronomia, nos sentimos desafiados, desconfortados, cheios de questionamentos e, também, de novas ideias e novas possibilidades.

Muitas vezes estes alunos questionam o porquê de se ter que estudar Sociologia. Claro que temos preferências, nos identificamos ou não com coisas, pessoas, lugares, mas como seres sociais, convivemos o tempo todo e, nestas convivências, escolhemos, aprendemos, ensinamos, enfim, partilhamos. Também, na profissão de agrônomo, esta convivência acontece cotidianamente e é permeada pela relação rural e urbana, com todos os desafios que ela apresenta.

A Sociologia, enquanto uma disciplina acadêmica, é fundamental para o exercício profissional, pois oferece ferramentas para o entendimento e a busca de melhores soluções de qualidade nesta relação profissional rural e urbana. A Sociologia enquanto ciência que procura entender e propor soluções para uma existência social mais viável e humana nos leva a entender o porquê do hoje social, através do conhecimento do que o gerou no ontem.

É preciso fazer com que o estudo e o entendimento da Sociologia rural se tornem cada vez mais objetos de uma Sociologia do conhecimento, uma Sociologia crítica que nos permita remover amarras e dificuldades que ainda insistem em existir, tornando o seu estudo um

instrumento de promoção de dignidade humana voltado para o campo e as populações rurais como autoras e construtoras de um modelo de vida que é fundamental para a sobrevivência de todos nós.

O futuro da sociologia rural não depende do que ela tenha a propor quanto à qualidade de vida rural. O futuro da sociologia rural depende amplamente do que as populações rurais tenham a lhe propor para que essa qualidade de vida seja incrementada; e do que os sociólogos rurais estejam dispostos generosamente a oferecer-lhes. Esse futuro depende amplamente do deciframento e da superação dos enigmas que as perturbam, da compreensão dos processos sociais que as desagregam e as marginalizam e que, por isso, precisam compreender e vencer para que tenham a qualidade de vida a que têm direito. Para ensinar, a sociologia rural precisa aprender. Para compreender sociologicamente, o sociólogo rural precisa reconhecer-se como membro da comunidade de destino das populações que estuda. (MARTINS, 2001, p.31)

Estudar e entender a Sociologia rural contribui para melhorar a qualidade de vida das populações rurais, reconhecendo que elas têm muito ainda que se inventar e reinventar sem abrir mão de sua identidade.

Edgar Morin (2000) nos alerta para a complexidade da realidade e da educação que, além de envolver aspectos relativos à realidade social, cultural, política e econômica, inclui também os aspectos referentes aos indivíduos, complexos e multidimensionais, imprevisíveis diante da diversidade de suas práticas, emoções, valores, saberes. Este sociólogo francês estabeleceu também os “sete saberes necessários à educação do século XXI”, que todo educador deve considerar em sua prática pedagógica para formar o “cidadão planetário”, sendo elas o saber perceber “as cegueiras do conhecimento”, distinguir “o erro e a ilusão”, identificar “os princípios do conhecimento pertinente”, ensinar “a condição humana e a identidade terrena”, “enfrentar as incertezas”, e ensinar a “compreensão e a ética do gênero humano”.

Portanto, a Sociologia no Ensino Superior é de extrema importância, pois qualquer formação profissional acontece no contexto de uma realidade social e está sujeita a determinações econômicas, políticas e culturais mais amplas, das quais o agente, no caso, os alunos, devem estar conscientes. Além disso, muitas ações dependem das características sociais e culturais das populações sobre as quais ele vai atuar

o que reforça a necessidade de conhecer cada vez mais sobre as pessoas, os seres sociais, mas acima de tudo, sobre os seres humanos que atuam nesta sociedade em que vivemos e convivemos.

Quanto a isso, Vásquez nos fala:

O verdadeiro valor do trabalho, para a ‘visão do mundo’, só pode ser alcançado quando a sua fonte for o estímulo moral de servir histórica e socialmente à apropriação crescente do humano pelo homem; e não quando se funda apenas na imperiosa necessidade de um estímulo material, por mais elevado que seja. ‘Os homens necessitam da moral, como necessitam da produção’, pois, tanto a transformação da velha ordem social, como a construção da nova, requerem os homens nelas participando conscientemente, ou seja, convertendo o moral numa necessidade. (1996, p. 98)

A responsabilidade pelo viver e o existir social é de todos e, mesmo sendo uma tarefa árdua e demorada, no processo educativo, deve-se buscar sempre o conhecimento para a ação, para a construção de um tecido social melhor em sua totalidade. O estudo da Sociologia nos cursos de Agronomia tem, acima de tudo, o objetivo de possibilitar a formação de pessoas e profissionais capazes de exercer uma profissão calcada na cidadania crítica e responsável, aptos a agir e interferir de maneira positiva e sustentável neste universo de possibilidades que é o mundo rural no Brasil e no mundo.

Referências bibliográficas

CASTRO, C. A. P. **Sociologia geral**. São Paulo: Atlas, 2000.

COSTA, C. **Sociologia** - Introdução à ciência da sociedade. 2. ed. São Paulo: Moderna, 1997.

GADOTTI, M. **Pedagogia da Terra**. São Paulo: Peirópolis, 2000.

IANNI, O. **A era do globalismo**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1997.

_____. A sociologia numa época de globalismo. In: FERREIRA, Leila da Costa (org.). **A Sociologia no horizonte do século XXI**. São Paulo: Bontempo, 1999.

LAKATOS, E. M. **Introdução à Sociologia**. São Paulo: Atlas, 1997.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à Educação do futuro**. São Paulo: Cortez, Brasília: UNESCO, 2000.

MARTINS, C. B. **O que é Sociologia**. 38 ed. São Paulo: Brasiliense, 1994. (Coleção Primeiros Passos).

MARTINS, J. de S. **Reforma agrária: o impossível diálogo**. São Paulo: EDUSP, 2000.

MARTINS, J. de S. O futuro da Sociologia Rural e sua contribuição para a qualidade de vida. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 15, n. 43, Sept/Dec 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142001000300004&script=sci_arttext>. Acesso em: 13 de junho de 2013.

TOMAZI, N. D. (coord). **Iniciação à Sociologia**. 2 ed. rev. e ampl. São Paulo: Atual, 2000.

VÂSQUEZ, A. S. **Ética**. 16 ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1996.

WHITAKER, D. C. A. **Sociologia rural - questões metodológicas emergentes**. Presidente Venceslau: Letras à Margem, 2002.

HISTÓRIA & INOVAÇÃO: O CAMPO EM FOCO

Luciano Marcos Curri¹

Considerações iniciais

O conceito de inovação está em voga. Nos últimos anos seu uso disseminou-se e assumiu um lugar de destaque. Universidades, empresas, escolas superiores e técnicas, programas de pesquisa e institutos utilizam recorrentemente este conceito. E não é só isso. Revistas noticiosas e científicas das mais variadas áreas do conhecimento, conferências, livros e mesmo jornais de grande circulação dedicam espaço considerável ao tema. Tanto no Brasil, quanto no exterior, inovar tornou-se o objetivo almejado por muitos pesquisadores.

O desenvolvimento que o tema alcançou foi tal que na atualidade se fala em uma verdadeira supervalorização da inovação, da existência de uma *cultura da inovação*, em *sociedades inovativas*. Tanta euforia e interesse pela inovação são justificáveis. Desde o princípio do século XXI constatou-se que a busca por inovações é uma demanda urgente e incontornável para resolver problemas já conhecidos e desenvolver novos campos de atuação (ANDREASSI, 2007).

Mas a inovação é algo novo na história humana? Ela existiu em outras épocas da história? Por que apenas recentemente tornou-se um motivo de tanta preocupação e interesse? Essas são algumas perguntas que o presente texto pretende esclarecer.

Adiantando uma primeira observação, foi no decorrer do século XX que a inovação foi escancarada para a humanidade. Vários autores trabalharam com o tema e procuraram investigar e esclarecer inúmeros de seus aspectos. Desse modo, ela foi teorizada, categorizada, recordada, sequenciada, estudada como objeto em separado nesse período. Noutras épocas da história isso não havia ocorrido. Portanto, mesmo que não seja uma novidade surgida no século XX, foi neste momento que se tomou consciência e conhecimento de suas características e dos impactos que produz. Foi nessa época que passou a interessar direta-

¹ Mestre em História Social (UFU); Doutor em História das Ciências (UFMG); Professor do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Patrocínio.

mente a inúmeros pesquisadores acadêmicos e ocorreu a incorporação por boa parte deles e mesmo de outros segmentos, empresariais ou não, de uma mentalidade voltada para a inovação.

Desse modo, assim que se compreendeu melhor o papel e os impactos da inovação na sociedade, na economia e em outras áreas, desencadeou-se um furor em sua busca e muitos pesquisadores começaram a ser escalados para produzi-la objetivando desde soluções para problemas já conhecidos até a criação de novas frentes de atuação e de desenvolvimento. De modo geral, no decorrer do século XX, a inovação passou a ser fruto de ações minuciosamente planejadas, deixando no passado os célebres episódios em que ocorria por acaso².

O que é inovação?

Mas afinal o que é inovação? Será mesmo a inovação um produto do século XX ou XXI? Essas duas perguntas são primordiais. Esclarecê-las é colocar o debate dentro de um contexto histórico adequado fora do qual a compreensão do papel da inovação na história humana fica deslocada, mal explicada e talvez incompreendida.

A palavra inovação significa produzir algo novo, uma novidade ou até mesmo renovar algo que já existia. A palavra deriva do termo latino *innovatio* e se refere à introdução de *coisas novas*. Mas isso não é tudo e as pesquisas histórico-sociais refinaram nossa compreensão (BARBIERI, 2004).

Primeiro, é preciso destacar que inovar é introduzir uma novidade que produza uma mudança qualitativa na vida social. Toda inovação deriva de uma invenção, mas o inverso nem sempre é verdadeiro. A maior parte das invenções acabam não resultando em inovações. A

² Trata-se do conceito de Serendipismo. O nome é um anglicismo e remete a invenções e descobertas “inesperadas”. Ocorre quando cientistas que pesquisam determinada área acabam encontrando soluções ou inovações que resolvem problemas inesperados de outros setores que não estavam em seus planos originais. Em suma, encontram um prodígio que não estavam procurando. Contudo, é preciso não exagerar porque afinal conforme tão bem salientou Louis Pasteur é preciso ter criatividade, perseverança e tenacidade para ver em acidentes inesperados novas descobertas. Na frase que o celebrou: “O acaso favorece a mente preparada”. Entre tantos exemplos famosos pode-se citar: Arquimedes; August Kekulé; Alexander Fleming; Luigi Galvani e John Cade. Para um breve debate sobre serendipismo ver: Swap, Walter & Leonard, Dorothy. (2003).

inovação é hoje compreendida como a invenção que foi assimilada pelo mercado ou pela sociedade. Isso resulta na atualidade no uso generalizado da expressão *inovação aplicada* geralmente ao contexto das ideias, dos conceitos, produtos, processos e por consequência nas atividades de exploração econômica correlacionadas.

Portanto, a inovação não é um produto dos séculos XX e XXI. O que ocorreu e não pode deixar de ser destacado é que foi nestes séculos que ela foi teorizada, explicada, passada em revista, pormenorizada e teve sua dinâmica e suas características levantadas, debatidas, o que obviamente só fez acelerar a emergência de cada vez mais inovações. Daí o surgimento em nossa época de expressões como *cultura da inovação* e *sociedade inovativa*. Foi no século XX que se esclareceu definitivamente que inovar é um fator importante para promover o crescimento e expansão da economia e da produtividade. Enfim, existe uma relação direta entre inovação e crescimento econômico.

Da invenção a inovação: caminhos históricos e sociais

Remonta à década de 1940 os pioneiros estudos de Joseph Alois Schumpeter (1883 - 1950) sobre o papel da inovação no desenvolvimento econômico. Schumpeter foi um economista austríaco que primeiro dedicou-se aos estudos sobre esse tema, suas causas e suas consequências sociais e econômicas. Ele chegou a ocupar o cargo de Ministro das Finanças da Áustria durante alguns meses no ano de 1919 e depois atuou como diretor de bancos privados europeus. A partir de meados da década de 1920, ele passa a dedicar-se à carreira do magistério universitário e de pesquisador acadêmico, função que desempenha até sua morte. Economista, professor e pesquisador dedicado, Schumpeter deixou inúmeras colaborações para as ciências econômicas e sociais. Muito estimado por seus alunos, alguns deles tornaram-se seus leais seguidores e defensores de suas ideias (SILVA, 2002)³.

³ A bibliografia sobre Schumpeter é muito extensa. Entre tantas opções indica-se: Schumpeter, Joseph Alois. História da análise econômica. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 3 volumes, Tradução de Alfredo Moutinho dos Reis e outros, 1964; Schumpeter, Joseph Alois. Teorias econômicas de Marx a Keynes. Rio de Janeiro: Zahar, 1970; Schumpeter, Joseph Alois. Capitalismo, socialismo e Democracia. Rio de Janeiro: Zahar, 1984; Schumpeter, Joseph Alois. Ciclos de Negócios e Evolução do Capitalismo. Oeiras: Celta Editora, 1996.

Deve-se a Schumpeter a distinção entre invenção e inovação. Nem toda invenção resulta necessariamente numa inovação. Muitas patentes de inventos que são requeridas não impactam na vida social nem no mercado. Muitas pesquisas resultam em invenções que acabam não se convertendo em inovações. Essa é uma primeira e fundamental distinção.

Uma segunda distinção que também se deve a Schumpeter é a compreensão dos tipos de inovação. Ele elencou cinco tipos de inovação: introdução de um novo bem (o celular, por exemplo); introdução de um novo método de produção (como a robotização, por exemplo); abertura de um novo mercado (criação de cosméticos masculinos seria esse tipo de inovação); a conquista de uma nova fonte de matéria-prima (a utilização de plásticos e borracha na confecção de sandálias que no passado eram fabricadas exclusivamente de couro) e a introdução de uma nova estrutura de organização comercial (a criação dos supermercados e hipermercados é um bom exemplo).

Uma terceira contribuição fundamental de Schumpeter para a compreensão da inovação foi sua teoria dos ciclos econômicos que se tornou basilar para as ciências econômicas. A teoria dos ciclos econômicos está diretamente relacionada às suas pesquisas sobre a inovação. Schumpeter argumenta que a economia tende a um estado de acomodamento ou de equilíbrio num dado momento histórico. Essa acomodação ocorre porque à medida que os agentes econômicos ou sociais se conhecem, eles conseguem prever os comportamentos uns dos outros e acabam, por meio de inúmeras estratégias, dividindo entre si o espaço econômico e social. Essa divisão é quase sempre concorrencial, conflitiva e desigual. Em determinado momento, quando algum agente consegue implementar alguma inovação, destrói o equilíbrio anterior e provoca um processo de expansão, o chamado *boom*, que mais tarde resultará num novo estado de equilíbrio. Essa é a razão pela qual Schumpeter reiteradamente enfatizou a importância da busca pela inovação de maneira sistemática e regular. A introdução de inovações pode criar cenários novos, impensáveis e, em alguns momentos, até inusitados.

Na sequência de seus estudos, Schumpeter e, depois, os schumpeterianos e neo-schumpeterianos investigaram os motivos que levam algumas invenções a serem rapidamente assimiladas pela sociedade ou pelo mercado, convertendo-se em inovações, e outras não. Schumpeter

e seus seguidores sempre defenderam a integração da economia com a sociologia e a história para obter-se uma compreensão mais adequada dos fenômenos econômicos. A explicação para a recepção ou indiferença com relação aquilo que cientistas e inventores disponibilizam através de suas pesquisas deveria também estar na sociedade e não apenas nas pesquisas e inventos. Atualmente, recorre-se até aos estudos antropológicos para compreender por que certas invenções são tão celebradas, aguardadas ansiosamente, e rapidamente apropriadas e outras, solenemente ignoradas.

Atualmente, os teóricos distinguem basicamente duas formas de inovação. Uma primeira tradicionalmente chamada de *inovação radical* ou *inovação de ruptura* e uma segunda, chamada habitualmente de *inovação incremental*. A primeira remonta ainda os estudos de Schumpeter e refere-se à inovação que introduz um mercado novo ou resulta numa nova prática social. Já a inovação incremental refere-se àquela resultante de aprimoramentos técnicos constantes e graduais que resultam na melhoria de produtos e serviços já bem-sucedidos no mercado. Essa última trata-se de elevar o desempenho daquilo que o mercado e a sociedade já consagrou.⁴ Um texto atual e amplo que abrange as discussões aqui abordadas focado na inovação de mercado é o famoso *Manual de Oslo* (OCDE, 2005).

O certo é que no caminho que vai da invenção até sua transformação em inovação muitos são os percalços sociais que podem embarçar o caminho dos pesquisadores. São vários os elementos que influem, desde o desconhecimento da realidade para a qual a pesquisa se direciona, até a falta de uma cultura inovativa por parte do pesquisador ou dos investidores. Entre invenção e inovação, os caminhos históricos e sociais podem ser tortuosos, mas a história mostra que quando ocorre o *salto inovativo*, quando se alcança a verdadeira inovação, os resultados podem ser compensadores e gratificantes.

Entre os inúmeros exemplos possíveis, uma breve história da escova dental é um exemplo ilustrativo dos intrincados caminhos de uma inovação bem-sucedida.

⁴ Teóricos como Peter Hall contribuíram significativamente para o esclarecimento da inovação incremental. Sobre a inovação de ruptura cita-se com frequência os trabalhos de Clayton M. Christensen e Michael Overdorf. Cf. Andreassi, Tales. (2007).

O primeiro instrumento identificado como uma escova de dentes era um pequeno graveto, do tamanho aproximado de um lápis, com uma das pontas desfiadas até que as fibras funcionassem como cerdas. Com cerca de 4 mil anos de idade, o utensílio foi encontrado em uma tumba egípcia. A escova de cerdas apareceu na China no final do século XV. O acessório era confeccionado com pelos de porco amarrados em varinhas de bambu ou pedaços de ossos e foi introduzido por comerciantes chineses na Europa onde tornou-se conhecido durante o século XVII. Essas escovas e suas sucessoras de pelo de cavalo tinham um grave inconveniente. Elas acumulavam umidade que causavam mofo prejudiciais à higiene bucal. Além disso, as extremidades pontiagudas das cerdas de pelo animal feriam as gengivas. Por causa do preço, era comum haver uma única escova para toda a família o que contribuía para a disseminação de doenças. A escova de dentes mais antiga da Europa foi encontrada numa escavação na Alemanha e possuía apenas 19 cerdas. A escova com cerdas de náilon, como as atuais, surgiram nos Estados Unidos em 1938 e foi introduzida pela empresa DuPont. As cerdas macias surgiram apenas na década de 1950. Desde então, elas se tornaram um produto pertencente ao cotidiano da maioria dos terráqueos. Mas nem tanto. Um levantamento realizado em 1997 no Brasil mostrou que quase metade da população na época, aproximadamente 80 milhões de pessoas, não dispunha de nenhuma escova dental ou utilizavam alguma há muito tempo inadequada.⁵

Observe-se que o uso rotineiro da escova dental é relativamente recente na história, apesar de sua invenção datar da antiguidade. Pelo breve histórico apresentado, observa-se que foi com a novidade introduzida em 1938 que se tornou um item conhecido mundialmente. Contudo, é preciso cautela com as generalizações, porque no Brasil tudo indica que ainda aguarda-se a introdução de outras inovações para ver a *“boa e velha”* escova dental na *“boca (de todo) o povo”*.

⁵ Fragmento construído por: Prof. Luciano Marcos Curi. Em 1996, levantamento epidemiológico do Ministério da Saúde revelou que 57,41% da população possuem dentes cariados. O número ideal de escovas dentais que deveria ser comercializado no Brasil por ano deveria ser 600 milhões de unidades. Revista Superinteressante, São Paulo: Editora Abril, nº 202, julho de 2004; Folha Online - Museu da Alemanha exhibe escova de dentes mais antiga da Europa. 29/09/2005; Escova de Dente (Infantil e Adulto): análise e consumo. Site do Inmetro. Informação ao Consumidor. Consultado em 15/07/2013.

A inovação na história

As invenções e inovações fazem parte da história humana. É possível escrever uma história da humanidade narrada a partir do surgimento dessas. Isso ocorre porque seguramente todas elas explicitam e evidenciam muitas das características da época em que emergiram e das culturas que as criaram. Perscrutá-las é uma forma de conhecer a sociedade que as formulou.

Longa é a lista de inovações cuja autoria é desconhecida, principalmente na antiguidade e período medieval. Foi a partir da época moderna que a determinação precisa da autoria tornou-se um quesito fundamental, bem de acordo com aquele momento histórico marcado pelo advento do individualismo moderno (DUMONT, 1985).

Durante as chamadas revoluções industriais surgiram uma profusão de inovações. Na Primeira Revolução Industrial, ou Revolução Industrial Inglesa, no último quartel do século XVIII, surgiram várias delas, tais como: máquina a vapor, tear mecânico, ferrovias e a siderurgia. A eclosão de várias inovações em tão pouco tempo levou os historiadores a utilizarem o termo *revolução*, transposto da política, para denominar o período. Uma época de *muitas mudanças em pouco tempo*.

Até o século XIX, a velocidade máxima com que o ser humano conseguia deslocar-se era a do cavalo a galope. Toda a produção de bens de consumo dependia da destreza e habilidade de inúmeros artesãos geralmente reunidos em guildas ou corporações de ofício. Essas corporações controlavam os preços, o modo de produção de mercadorias, a matéria-prima utilizada e assegurava um padrão de vida mínimo a todos os seus membros. A introdução das máquinas na primeira revolução industrial alterou completamente o panorama anteriormente existente. As guildas foram desarticuladas e as máquinas baixaram enormemente os custos de produção. Os empreendedores inovadores como Thomas Edison, os irmãos Auguste e Louis Lumière, os Renault (Louis, Marcel e Fernand), Henry Ford, entre outros, desempenharam um papel fundamental naquele momento histórico.

Contudo, mesmo com a eclosão de duas revoluções industriais no século XIX, é preciso reconhecer que até o início do século XX a inovação esteve historicamente a cargo de inventores e empreendedores

individuais. Apesar de profícuo em inovações, o século XIX realmente ainda destaca-se pela atividade inovativa de certa forma amadorística. Observe-se que até este momento da história quase sempre se fala em *inventores & invenções*.

A superação da figura do inovador individual que trabalha dedicadamente e obstinadamente, motivado por razões pessoais e por suas paixões, só foi superada no início do século XX. Em 1928, o próprio Schumpeter reconheceu que as grandes empresas então existentes estavam gradativamente tornando-se os principais veículos de inovação, substituindo a figura do empreendedor e do pesquisador individual.

Contudo, é forçoso reconhecer que foi durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) que a inovação realmente ganhou o formato que possui na atualidade, ou seja, produzida em laboratórios, universidades e empresas através de grandes equipes de pesquisadores cada vez mais especializadas. Esse conflito valeu-se na época da utilização de inovadoras tecnologias bélicas cuja produção demandou a dedicação de equipes inteiras formadas por vários profissionais. Contudo, é preciso frisar que tal reconhecimento não é um elogio à guerra, mas apenas uma constatação. A guerra acelerou uma tendência proveniente do final da década de 1920.

Com o mundo em guerra, dividido em três grandes blocos (capitalismo, socialismo e nazifascismo), a disputa bélica extravasou para o âmbito da pesquisa e a busca de inovações, notadamente bélicas, acelerou-se. Hitler, por exemplo, esperava que seus cientistas viessem em socorro da Alemanha nazista e disponibilizassem alguma arma que mudasse os rumos desfavoráveis do conflito. No entanto, como se sabe, a grande inovação acabou ocorrendo nos Estados Unidos com a introdução das armas nucleares que sentenciaram a derrota final dos países do Eixo. A inovação tecnológica contribuiu imensamente para determinar os vitoriosos na Segunda Guerra Mundial.

Logo após o fim da Segunda Guerra Mundial, iniciou-se a disputa bélico-ideológica entre Estados Unidos e União Soviética que ficou conhecida como Guerra Fria, habitualmente datada entre 1945 e 1990. Neste período houve uma verdadeira profusão da prática de pesquisa voltada para a inovação. Tantos nos Estados Unidos quanto na União Soviética e Europa Ocidental surgiram verdadeiros Sistemas Nacionais

de Inovação. Data desta época a chamada Terceira Revolução Industrial com o surgimento da informática, eletrônica, robótica, automação, biotecnologia, satélites espaciais, indústria aeroespacial, entre outros. Neste momento verifica-se empiricamente o quanto as teorias de Schumpeter eram pertinentes. Quanto mais inovador uma país, mais rica se tornava sua economia. O grande exemplo dessa situação foi o Japão.

Paralelo à Guerra Fria ocorreu também um grande desenvolvimento econômico, bem mais acentuado nos Estados Unidos, que resultou no surgimento do que atualmente denomina-se de Globalização. Na década de 1980, grandes empresas multinacionais, hoje chamadas de globais, alcançaram um gigantismo econômico inédito na história humana. Boa parte do sucesso dessas empresas deve-se aos maciços investimentos em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) que resultaram em iniciativas inovadoras que fizeram história e marcaram época. Esse cenário transformou a busca contínua e persistente pela inovação em demanda premente, o que desencadeou em vários países, inclusive no Brasil, a necessidade de se estruturarem ações voltadas ao estímulo e potencialização das práticas de inovação.

Data desta época a compreensão de que as empresas sozinhas, embora pudessem ser altamente inovadoras, como foram a Microsoft e a Apple no princípio, para citar dois exemplos famosos, necessitavam de colaborações externas, inclusive governamental, para incrementar níveis cada vez mais altos de inovação. Em cada país, seus respectivos governos deveriam atuar oferecendo auxílios, incentivos fiscais, articulando parcerias universidades-empresa, entre outros, para impulsionar a inovação em suas economias, notadamente, nos segmentos que apresentavam dificuldades de fazê-lo por sua própria iniciativa. Esse foi o contexto e os motivos que levaram, por exemplo, à criação da EMBRAPA em 1973; inovar para sustentar o crescimento econômico agropecuário do Brasil.

A partir da década de 1980, com a já sabida derrocada da União Soviética, o interesse característico do período da Guerra Fria pela inovação bélica e espacial desacelerou-se. A partir deste momento, a inovação torna-se o caminho certo para se conseguir mais lucratividade e competitividade num mundo cada vez mais capitalista e, a partir daquele momento, um capitalismo do tipo global. A inovação tornou-se

a maneira pela qual, tanto empresas quanto países, poderiam conseguir alguma *vantagem competitiva*, expressão cunhada pelo economista estadunidense Michael Eugene Porter. Esse é o cenário que permanece até a atualidade (PORTER, 1989).

Mas a história também possui exemplos de buscas incessantes por inovação que não terminaram bem. O caso mais famoso é o da União Soviética. O Estado soviético, após a Revolução Russa em 1917, resultou na implantação do primeiro país socialista da história. Fundada oficialmente em 1922, a União Soviética em pouco mais de dez anos recuperou a situação econômica da antiga Rússia e elevou significativamente a condição socioeconômica de sua população. O país atravessou praticamente ileso a crise de 1929 e, após o término da Segunda Guerra Mundial, emergiu como potência econômica mundial. Entretanto, durante a Guerra Fria, a competição com os Estados Unidos levou sucessivos governos soviéticos a investirem percentuais cada vez maiores em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) direcionados para a tecnologia bélica e aeroespacial, o que acabou comprometendo inúmeros setores sociais e educacionais do país. Toda essa pesquisa e inovação transformou a União Soviética numa potência armamentista e a arruinou financeiramente e socialmente. Em 1990, a União Soviética entrou em colapso e foi dissolvida no ano seguinte (MARQUES, *et al* 2003).

Desse modo, fica evidenciado que os investimentos em inovação, embora possam ser o caminho adequado para se conseguir uma *vantagem competitiva*, podem ser também a ruína de desavisados e empreendedores inábeis. A inovação não surge espontaneamente, naturalmente, como uma decorrência automática da atividade econômica, conforme já observaram historiadores e sociólogos. Ela exige esforço e criatividade para existir. Como tão bem esclareceu Robert Merton Solow, não basta apenas dinheiro e muitas horas de trabalho e dedicação à pesquisa para se alcançar a inovação. Ela demanda outros fatores mais complexos que vão desde uma boa perceptividade do social e do mercado, criatividade dos envolvidos, abertura para experimentação entre outros elementos. Essas seriam as condições básicas para que ela ocorra com a profusão demandada pelo século XXI (SAGIORO, 2004).

Inovação: o campo em foco

A introdução da pecuária e da agricultura foram fatos marcantes na história humana. Historicamente elas se encontram entre as primeiras atividades sociais criadas pela humanidade. Hoje se admite que ambas surgiram em diferentes lugares do mundo de maneira independente. Egito, Mesopotâmia, China, Vale do Indo e América Central.

Inicialmente o gênero homo, do qual deriva o homo sapiens, era apenas carnívoro. Foi após um longo período evolutivo que o homo sapiens passou a utilizar vegetais na sua alimentação, seguramente após a ocorrência de fome e seca, depois de temporadas inteiras sem caça disponível. Foi a escassez que levou o ancestral humano a se aventurar a alimentar-se com vegetais, o que o tornou onívoro, episódio célebre da história evolutiva do homem. Alimentando-se de plantas e animais, ampliaram-se enormemente suas possibilidades de sobrevivência. Essa ampliação do cardápio representou um salto, uma inovação de ruptura, que possibilitou a sobrevivência da espécie humana e permitiu que ela se expandisse para todo o planeta.

Pelo fato de ser onívoro, o homem é o mais adaptável de todos os mamíferos. Não se conhece nenhuma espécie que se nutra de alimentos tão variados e que os consuma de maneiras tão diferentes. A falta de um determinado alimento não constitui para ele a ameaça que representa para os animais de dieta especializada. [Cf. Franco, A. (2006), p.27]

No início o homem primitivo comia apenas os vegetais que coletava na natureza e, da mesma forma, se alimentava apenas dos animais recém-capturados e abatidos. Mas, a partir do momento que começa a desenvolver sua sociabilidade e passa a viver em grupos, bandos e posteriormente em tribos, as condições necessárias para o advento da inovação da pecuária e posteriormente da agricultura estavam disponibilizadas.

Mas, aqui há uma cumplicidade já bem estabelecida pelos historiadores. A vida social dependeu da inovação da pecuária e depois da agricultura, mas incontestavelmente, a existência dos primeiros grupos foi fundamental e anterior. É preciso salientar que esses grupos iniciais surgiram para atender demandas de defesa e autoproteção, para lutar e se proteger contra predadores.

Desse modo, a pecuária surgiu como sucessora da prática da caça e da pesca realizada pelo homem nômade primitivo, e a agricultura, como prolongamento e desenvolvimento da coleta de frutos, raízes e outros gêneros vegetais. Embora sejam desconhecidos seus autores, foi algum inovador homem primitivo que percebeu que podia aprisionar alguns animais para posterior abate e depois notaram que podiam domesticá-los e controlar sua reprodução para melhor atender aos seus interesses de sobrevivência. No entanto, é importante frisar que no início, mesmo após a introdução da prática da domesticação de animais, a maioria das populações humanas permaneceu nômade. Inúmeras pinturas em cavernas deixadas pelo homem primitivo são ilustrativas e registram cenas de caça e domesticação de animais (KI-ZERBO, 2010).

Quanto à agricultura, esta demandou a zelosa observação de que uma parte das plantas já coletadas para alimentação, as sementes como hoje são denominadas, quando enterrada ou simplesmente deixada sobre o solo terminavam por produzir outra planta igual a que originou a semente. Essa novidade permitiria suplantiar a prática da coleta pelo fornecimento regular de alimentos através da agricultura.

Enfim, quando o ser humano passou a produzir seu próprio alimento deu-se início à civilização. Tratou-se, incontestavelmente, de uma das maiores inovações de toda história sem as quais não existiria a sociedade contemporânea.

Mas, inegavelmente, à medida que as práticas agropecuárias consolidaram-se e foram sendo cada vez mais incrementadas, impactaram diretamente na vida social reformulando-a, propiciando a existência de maior número de núcleos humanos e estes se tornaram cada vez mais populosos, diversificados e complexos.

Entre essas reformulações, ou inovações sobre inovações, encontram-se instituições sociais tão antigas e consolidadas que costumeiramente tem-se dificuldade em imaginar como seria a vida humana antes da existência delas. Entre as mais destacadas estão: monocultura, propriedade privada, advento do Estado, matrimônio, família e a escravidão. Nenhuma dessas instituições atravessou a história sem receber críticas ou censuras. A escravidão hoje é condenada e proibida em todos os países, a despeito de sua insistência em reaparecer esporadicamente. A monocultura também tem recebido críticas exacerbadas, notadamen-

te a partir da segunda metade do século XX, oriundas de ecologistas e atualmente de adeptos do que se denomina Economia Verde.

Na antiguidade, inúmeras inovações incrementais impulsionaram o desenvolvimento da atividade agropecuária propriamente dita, tais como: introdução de ferramentas no cultivo, realização de plantio após arar a terra, técnicas de armazenagem de grãos, domesticação de inúmeros animais, seleção artificial de sementes e de exemplares animais para procriação.

No período medieval, outras inovações redimensionaram a agropecuária da época, entre elas: a charrua, a ferradura para cavalos, moinhos de vento e de água, rotação trienal dos campos e a introdução da prática de adubação orgânica, além do advento de inúmeros alimentos novos.

No início da Alta Idade Média⁶, os povos germânicos invadem o combalido Império Romano, o que acelerou seu declínio e precipitou seu colapso. Esse evento, além de inúmeras consequências sócio-políticas, teve impacto direto na história da agropecuária no Ocidente. A partir do século V, ocorreu uma fusão, uma miscigenação entre a cultura dos invasores e dos invadidos. Enquanto os romanos herdeiros de uma cultura mediterrânica tinham uma clara predileção pela agricultura (pão-vinho-azeite) os germânicos preferiam declaradamente a caça, a criação de animais e uma dieta baseada na utilização de gorduras animais.

Mesmo vencedores, os germânicos eram discriminados, prova disso é que eram chamados de bárbaros e sua cultura também. Contudo, vitoriosos militarmente e politicamente dominantes, gradualmente assistiu-se ao surgimento de um novo estilo alimentar, que reunia elementos romanos e germânicos. A carne suína, por exemplo, foi praticamente reabilitada já que romanos e cristãos censuravam a utilização deste animal como alimento.

Outro elemento que teve um peso considerável no novo estilo de vida e alimentar que surgia na época foi o cristianismo. Com suas restrições a uma alimentação de origem animal, seus jejuns, sua condenação da gula, a doutrina cristã contribuiu para um maior desenvolvimento da

⁶ Tradicionalmente os historiadores situam o período medieval entre os séculos V e XV d. C.. Foram mil anos durante os quais a civilização ocidental se formou. Este período habitualmente é subdividido em: Alta Idade Média (séculos V a IX), Idade Média Central (X a XII) e Baixa Idade Média (XIII a XV). Obviamente existem divergências e críticos dessa periodização.

agricultura no início do período medieval. Muitos monges procuravam conjugar o ideal de uma vida santa com uma alimentação vegetariana. A importância do pão na religiosidade cristã foi um fator decisivo.

A pesca em água doce também ganhou um maior incremento no início da Alta Idade Média em detrimento da pesca marítima, privilegiada pelos antigos romanos e gregos. O cultivo do trigo naquela época sofreu um declínio e cereais considerados mais grosseiros ascenderam rapidamente. O centeio é o melhor exemplo deste processo. Considerado uma espécie de erva-daninha pelos romanos não era utilizado para fins alimentícios. Sua introdução como alimento deve-se a nascente cultura europeia, ou ocidental. Esta um misto de elementos culturais oriundos dos povos germânicos e romanos. A utilização do centeio para consumo humano foi uma das maiores inovações da Alta Idade Média com relação à agricultura e as práticas alimentares daquele período.

A Idade Média Central também inovou no aspecto alimentar ao introduzir na dieta humana o consumo das castanhas, até então ignoradas. Naquele momento, surgiam muitas cidades na Europa e outras se expandiam, o que deu um novo fôlego a vida urbana. Nesse contexto, uma inovação comercial afetou diretamente as práticas agropecuárias da época; o surgimento dos Mercados Públicos. Vinculados as cidades os mercados reuniam compradores e vendedores e forneceram um formato até hoje adotado, ainda que com modificações. Eles permitiram as cidades medievais usufruírem de um fornecimento mais regular de alimentação, e redimensionaram as práticas agropecuárias que passaram a orientar-se pelo comportamento dos mercados.

Contudo, a partir de 1270 o aumento da produtividade do campo, principalmente agrícola, não conseguiu mais acompanhar o crescimento demográfico. A falta de alimentos se instala e a Europa vive um longo período de carestia, do latim *carum*, em referência direta a alta dos preços nos Mercados Públicos. Esse cenário abriu caminho para acontecimentos desastrosos como sempre ocorre na história humana. A fome é o passaporte para tragédias sociais. Na sequência a Europa vive episódios truculentos, dos quais a carestia é sempre um elemento presente e motivador. A peste negra em 1347-1348 encontrou um clima favorável, uma população empobrecida e potencialmente desnutrida, e ceifou a vida de um terço dos europeus. Em 1358, um misto de pobreza,

fome, guerra e indignação contra os nobres na França motivaram as revoltas camponesas que ficaram conhecidas como Jacqueries, reprimidas com uma violência cruenta em meio ao temor do retorno da peste negra.

A partir do século XIV a situação melhora, em função de vários fatores, entre eles a diminuição populacional. A Europa volta a prosperar e a atividade agropecuária ganha novo alento, inclusive com outras inovações como o surgimento dos primeiros tratados de agronomia. Outra novidade foi o surgimento dos Livros de Receitas culinárias que teve o resultado de incentivar o consumo de inúmeros itens antes subutilizados, notadamente os temperos.

Como a agricultura e pecuária estão situadas num contexto espaço-temporal inevitavelmente imbricadas nas mais diversas condições sócio-culturais o que ocorre na sociedade acaba refletindo diretamente no campo. Assim, no final da Idade Média a alimentação começa a ser fortemente utilizada como critério para demarcar a posição social das pessoas. Surge a ideia de que cada um deveria “*alimentar-se conforme sua qualidade*”, o que mais tarde mudou ligeiramente para a célebre formulação; “*Você é o que você come*”. Na prática isso resultou na definição de alimentos de pobres e de nobres. Essa inovação social diferia de costumes da Alta Idade Média quando as pessoas eram classificadas de acordo com a quantidade de comida que ingeriam. Gradualmente o espaço urbano começou a ser mais valorizado que o espaço rural.

Data do final do século XV os manuais médicos que recomendavam aos camponeses alimentarem-se preferencialmente de produtos considerados grosseiros como o centeio e o sorgo, sopas e pães mais pesados e menos diversificados, indicando-os como alimentos mais adequados “*para aquele tipo de gente*”. Já aos nobres deveriam preferir a caça, frutas, assados e alimentos mais elaborados, pratos mais seletos e refinados.

No geral predominava a assertiva de que os nobres deveriam consumir alimentos localizados nas copas das árvores e as aves do céu e os pobres aqueles que se encontrassem rente ao solo ou abaixo dele. O requinte a mesa a partir dessa época começou a demarcar o lugar social a que pertencia os comensais. Essa situação permanece até a atualidade e uma evidência incontestável é a variedade de restaurantes hoje existentes e de públicos diferenciados que os frequentam. Durante a Revolução Francesa, por exemplo, já adiantado no século XVIII, muitos soldados

populares evitavam o consumo de batatas por considerá-la um tubérculo inferior e inconveniente, reproduzindo costumes discriminatórios oriundos do período medieval.

Desse modo, todas essas inovações, entre outras, foram decisivas para formatar o tipo de sociedade moderna que se desenvolveu na Europa a partir do século XV (FRANCO JUNIOR, 2006); (ROMEIRO, 1998). E foram os europeus modernos que se lançaram ao mar e percorreram todo o globo terrestre, integrando, para o bem ou para mal, todos os continentes num único circuito mundial de comércio a partir do século XVI. A colonização das Américas e da Oceania e o domínio da África e da Ásia foram consequências diretas desse processo. Neste sentido, é que alguns economistas mencionam a existência de uma primeira globalização da história a partir da Expansão Marítima europeia do século XVI.

O encontro da Europa com a América e diversas regiões da África e Ásia propiciou inúmeras mudanças agropecuárias. Neste momento inúmeros gêneros vegetais e animais americanos serão transpostos para a Europa, bem como, o inverso, o que significou a introdução de inovações por toda parte que redimensionaram a prática da agropecuária no mundo inteiro. Entre os exemplos mais famosos estão o milho, a mandioca, o tabaco e a batata, espécimes americanos que ganharam a Europa e o mundo.

Contudo, foi a partir da Revolução Industrial e a introdução das máquinas que a agricultura ganhou contornos de exploração massiva e intensiva que hoje se conhece. No século XIX assistiu-se a crescente ampliação da produtividade, notadamente na Europa, através da utilização das inovadoras máquinas, entre elas as colheitadeiras, antigas ceifeiras mecânicas.

No século XX a expansão da atividade agropecuária foi ainda maior. Tratores, colheitadeiras, semeadeiras e uma infinidade de novos implementos agrícolas deram ao mundo uma produtividade gigantesca e inédita. Data deste momento a decuplicação da produção agrícola após a introdução conjugada de fertilizantes, tratores cada vez mais eficientes e uso disseminado de defensivos agrícolas. Alguns autores referem-se a esse momento como Revolução Verde.

As décadas finais do século XX e início do século XXI assistiram ao surgimento da biotecnologia e dos alimentos transgênicos. A famosa empresa Monsanto neste período, por exemplo, migrou suas atividades da produção de defensivos agrícolas para a biotecnologia, o que foi seguramente uma atitude inovadora.

Paradoxalmente, em meio à farta produção alimentar no final do século XX, os índices e indicadores sobre a fome no mundo não sofreram significativa redução. Tal constatação gerou uma avalanche de críticas o que ocorreu devido há uma situação historicamente nova. Sempre existiu fome em várias partes do mundo, mas muitos acreditavam que o aumento da produção de alimentos resolveria o problema ou pelos menos o amenizaria, o que não aconteceu.

Como consequência dessa conjuntura surgiu um vívido debate sobre segurança alimentar e muitas dúvidas sobre a qualidade e adequação de tantos alimentos produzidos. Esse debate inclusive alcançou os transgênicos e corporificou delicados dilemas éticos que discutem a pertinência da liberação para a comercialização ao público de certos alimentos sobre os quais ainda existem suspeitas sobre seus benefícios ou malefícios à saúde humana. Atualmente o debate sobre segurança alimentar gravita em torno de dois pólos. O primeiro discute sobre critérios e adequações, segurança físico-química e biológica dos alimentos oferecidos ao público e o segundo sobre políticas públicas que objetivem garantir o acesso da população a uma alimentação em quantidade e qualidade adequada. Os programas de combate a fome e o antigo programa Fome Zero brasileiro, por exemplo, seriam exemplos desta segunda tendência.⁷

Todos esses debates incidiram diretamente na lida no campo e afetam os profissionais envolvidos com atividades agropecuárias de maneira direta ou indireta. Situar-se dentro deste contexto é sempre fundamental. Deste modo, percebe-se que, desde o início do século XXI, a demanda por inovação no campo é enorme, situação que ainda permanece. Inovações tanto para equacionar problemas já conhecidos quanto para abrir novas frentes de atuação econômica e social para aqueles que estão envolvidos com as atividades do campo.

⁷ No Brasil foi criado em 2003 o CONSEA (Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional) para auxiliar na formulação de políticas do governo para garantir o direito dos cidadãos à alimentação. Sobre o assunto ver: Campos, J. C. C. & Leite, H. G. (1996).

Considerações finais: inovação no século XXI

Se há um diferencial neste início de século XXI, trata-se das imposições sociais e até legais que pesam sobre pesquisadores e inovadores de modo geral. Diferente de outras épocas quando as únicas determinantes que pesavam sobre os inovadores eram influências de mercado, hoje o cenário é diferente.

Hoje inúmeras empresas e pesquisadores precisam considerar as novas demandas de nossa época na busca de suas inovações. Dois imperativos atuais são incontornáveis; à saber: a *responsabilidade social* e a *sustentabilidade*. Por quê? A resposta é simples.

O padrão de desenvolvimento econômico utilizado desde a Primeira Revolução Industrial é insustentável. Os recursos naturais irão se esgotar e essa possibilidade é sabida. Essa nova realidade já vem sendo denunciada de maneira objetiva desde a década de 1970. Desde então, a busca por inovações que preservem recursos naturais tornou-se um questão de suma importância. Na formulação que se tornou célebre é preciso preservar os recursos naturais para as gerações futuras, ou seja, tornar nossa utilização desses recursos no tempo presente *sustentável*.

Outra resposta correlacionada à anterior é sobre o comportamento das empresas com relação a seus funcionários, aos clientes e a sociedade de modo geral. Novamente relembando a Primeira Revolução Industrial que introduziu um tipo de concorrência capitalista predatória onde predomina uma indiferença sistemática quanto à sorte dos funcionários e suas condições de sobrevivência e por incrível que pareça a mesma insensibilidade ocorre na lida com clientes e com a sociedade. Os empresários ou burgueses, para usar uma expressão da época, estavam o tempo todo focados na lucratividade de seus negócios. Uma das constatações que assustavam os visitantes a cidade de Londres e Manchester na Inglaterra durante a revolução industrial era a enorme quantidade de pobres em meio a tanta riqueza material.

Mas existe alguma coisa de errado com esse comportamento das empresas? A resposta é sim.

As empresas não podem ser irresponsáveis com o social porque a médio e longo prazo é a si próprias que elas sabotam. Salários muito baixos, condições de vida e de trabalho insalubres, poluição ambien-

tal, desrespeito a legislação são atitudes que acabam comprometendo a sociedade onde se encontra tanto os clientes das empresas quanto seus funcionários. Ou seja, precisam atuar com *responsabilidade social* para preservarem suas condições de existência. A manutenção de níveis adequados de qualidade de vida para todos os seres humanos é condição *sine qua non* para a sobrevivência do próprio mercado. Afinal, funcionários de uma empresa consomem produtos de várias outras empresas no decorrer de suas vidas. A indiferença com o social pode ser suicida.

Enfim trata-se de uma questão de sobrevivência do modelo civilizacional desenvolvido desde a Primeira Revolução Industrial. É urgente a tarefa de encontrar uma forma de conciliar desenvolvimento econômico com a sobrevivência da nossa civilização. Inovadores e empreendedores eis, o grande desafio do século XXI. Esta constatação tem seus desdobramentos. É preciso incluir todas as pessoas no mercado e na sociedade já que o mundo agora é global e não existem mais extensos territórios noutros continentes para onde se possam exportar massas de empobrecidos como fez a Europa no passado, por exemplo. Neste sentido é que o conceito de inovação desde o último quartel do século XX não é mais aplicado exclusivamente as iniciativas de mercado. Muito se fala em inovações na sociedade, na busca de soluções para os problemas sociais. Isso se justifica porque uma empresa pode demitir seus funcionários, mas a sociedade não pode livrar-se de seus cidadãos.

Em suma, neste século XXI tornou-se imperativo inovar com *responsabilidade social e sustentabilidade*.

Referencias bibliográficas

ANDREASSI, T. (2007). **Gestão da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Thomson.

BARBIERI, J. C. (Org.). (2004). **Organizações inovadoras: estudos e casos brasileiros**. Rio de Janeiro: Editora da FGV.

CAMPOS, J. C.; CHAGAS & LEITE, H. G. (1996). **Política agrícola e segurança alimentar**. Viçosa: Editora da UFV.

DUMONT, L. (1985). **O Individualismo. Uma Perspectiva Antropológica da Ideologia Moderna**. Rio de Janeiro, Rocco.

FRANCO JUNIOR, H. (2006). **A Idade Média: Nascimento do Ocidente**. São Paulo: Editora Brasiliense.

FRANCO, A. (2006). De Caçador a Gourmet: uma história da Gastronomia. Brasília: Thesaurus Editora.

KI-ZERBO, J. (org.). (2010). **História Geral da África - Vol. I - Metodologia e pré-história da África**. São Paulo: Editora Cortez.

MARQUES, A. M. *et al.* (2003). **História do Tempo Presente**. São Paulo: Contexto.

MONTANARI, M. (2006). Alimentação medieval. In: **Dicionário Temático do Ocidente Medieval**. Bauru: Edusc.

OCDE. (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico) 2005. **Manual de Oslo** - Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. Brasília: FINEP, 3ª Edição.

PORTER, M. E. (1989). **A Vantagem Competitiva das Nações**. Rio de Janeiro: Editora Campus.

ROMEIRO, A. R. (1998). **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo: Annablume/Fapesp.

SAGIORO, R. (2004). Conhecimento, Inovação e Crescimento Econômico - uma Aplicação do Modelo de Solow ao Brasil. In: **II Encontro Científico da Campanha Nacional das Escolas da Comunidade (II EC - CNEC)**, Varginha, Julho/2004.

SILVA, M. F. G. da. (2002). A epistemologia da economia teórica em Schumpeter. In: **Revista de Economia Política**, vol. 22, nº 1 (85).

SWAP, W & LEONARD, D. (2003). **Centelhas Incandescentes Estimulando**. Porto Alegre: Bookman.

ROCHAGEM: UM NOVO DESAFIO PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DA FERTILIDADE DO SOLO

André Mundstock Xavier de Carvalho¹

Introdução

Rochagem é o nome que se dá à prática de aplicação direta de pós de rocha, ou de materiais finos resultantes da simples moagem de rochas, como fonte de nutrientes na agricultura. O termo “rochagem”, que ainda não tem um correspondente exato em inglês, é referido na literatura científica como “rock powder”, “crushed rocks”, “stonemeal”, ou simplesmente “rocks for crops”. Ele surgiu por analogia aos termos calagem, fosfatagem, gessagem, que se referem à aplicação, em área total no solo, de calcário, fertilizantes fosfatados ou gesso agrícola. Apesar de calcários e rochas fosfóricas serem rochas e também serem aplicadas *in natura* na agricultura, o termo rochagem é mais empregado quando se trata da utilização de rochas silicatadas moídas. Mais recentemente, o termo “pó de rocha” tem sido enquadrado no conceito amplo de “agrominerais” e mais especificamente na categoria dos “remineralizadores”, uma nova categoria de insumos destinados à agricultura cuja criação e regulamentação encontra-se em fase final de tramitação (PLS, 2012).

O uso de rochas silicatadas como fonte de nutrientes na agricultura é uma prática antiga (LEAKE, 1950; GILLMAN, 1980; HENSEL, 2003; WINIWARTER; BLUM, 2008), mas que foi, de certa forma, esquecido com o advento do uso de fertilizantes solúveis. No Brasil, a revalorização recente desta prática está ligada a três motivações principais: i) busca por alternativas para às fontes de nutrientes importadas (especialmente K), pois o país é um dos maiores importadores mundiais de fertilizantes; ii) necessidade de aproveitamento de grandes quantidades de rejeitos de pedreiras e mineradoras e; iii) expansão das correntes de agricultura de bases agroecológicas, com restrições ao uso de fertilizantes solúveis e estímulos à utilização de recursos localmente disponíveis.

¹ Professor Adjunto do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba. Rodovia MG 230, Km 7, s/n. Caixa Postal 22. 38810-000. Rio Paranaíba, MG. E-mail: andre.carvalho@ufv.br.

O Brasil importou, em 2009, 75 % do N, 48 % do P e 92 % do K utilizados como fertilizantes, o que o colocou na condição de um dos maiores importadores mundiais de fertilizantes (RODRIGUES *et al.*, 2010). Tal situação não apenas onera economicamente a produção agrícola ou impede um saldo mais positivo na balança comercial do país, mas cria uma situação de enorme vulnerabilidade que, associada à dependência por defensivos agrícolas, representam grandes problemas de insegurança alimentar do Brasil. Além disso, os fertilizantes solúveis possuem custos elevados associados ao beneficiamento e ao transporte a longas distâncias, criam problemas ambientais, como eutrofização de águas superficiais e subsuperficiais e liberação de gases poluentes na atmosfera (TILMAN *et al.*, 2001; MARTINS *et al.*, 2010; MANNING, 2010), necessitam de fontes não renováveis de energia no seu processamento e dependem da utilização de recursos minerais não renováveis, escassos e mal distribuídos entre os países (FOLEY *et al.*, 2005; FIXEN; JOHNSTON, 2012). Estes problemas têm exigido a busca por alternativas e uma delas tem sido a utilização de pós de rocha. No entanto, enquanto estes passivos ambientais e os sociais, ligados às economias não regionalizadas dos fertilizantes solúveis, não forem mais bem avaliados e incluídos nos custos da produção agrícola, dificilmente haverá avanços significativos na busca por estratégias mais sustentáveis de manejo da fertilidade dos solos.

Na literatura científica, no entanto, são poucos os trabalhos sobre a utilização de rochas silicatadas como fontes de nutrientes, concentrando-se principalmente em estudos com materiais máficos como o pó de basalto (ESCOSTEGUY; KLAMT, 1998; BONIAO *et al.*, 2002; LOPES-ASSAD *et al.* 2010) ou materiais especialmente ricos em algum nutriente, porém de distribuição mais restrita, como o flogopitito (SOUZA FILHO *et al.*, 2006; RIBEIRO *et al.*, 2010), o mica-xisto (BASAK; BISWAS, 2009), o fonolito (von WILPERT; LUKES, 2003), o verdete ou glauconito (PIZA *et al.*, 2011), entre outros.

Além disso, até o momento não há um consenso dentre os poucos trabalhos sobre o tema quanto à eficiência destas rochas em suprir nutrientes e promover o crescimento de plantas, principalmente devido à lenta solubilização dos minerais presentes (HARLEY; GILKES, 2000). Alguns autores obtiveram respostas positivas com a aplicação

de pós de rocha como, por exemplo, com granitos (CORONEOS *et al.*, 1996; HINSINGER *et al.*, 1996) ou basaltos (SILVA *et al.*, 2008; WELTER *et al.*, 2011) no crescimento vegetal. No entanto, nenhum ou reduzido efeito no solo e no crescimento de plantas foram observados por KUDLA *et al.* (1996), BOLLAND; BAKER (2000), BONIAO *et al.* (2002) e ESCOSTEGUY; KLAMT (1998), sendo necessário, muitas vezes, doses de pó de rocha extremamente elevadas ou economicamente inviáveis (BOLLAND; BAKER, 2000). No entanto, segundo Hinsinger *et al.* (2001), os resultados desfavoráveis à utilização de rochas silicatadas estão comumente associados a experimentos de curta duração, solos ou substratos estéreis ou com baixa atividade microbiana, clima temperado ou muito frio, quantidade muito pequena de material ou com granulometria muito grosseira.

Tais incertezas ainda presentes na literatura científica aliada à inexistência de programas governamentais de fomento à produção destes insumos, à inexistência de uma legislação específica, à ênfase prevalente na produtividade agrícola em detrimento ao desenvolvimento sustentável ou à qualidade dos alimentos, contribuem para a existência ainda de um pequeno número de pós de rocha regularizados e disponíveis no mercado como fertilizantes comerciais. Dentre estes produtos, podemos citar a “Farinha de Rocha MB-4”, uma mistura das rochas biotitaxisto e serpentinito, o “Fonolito”, uma rocha ígnea ultrapotássica comercializada pela Yoorin Fertilizantes na forma de pó, o “Bioland”, obtido pela moagem de basaltos, o “Bon-Solo”, uma mistura de rochas silicatadas com apatita, o “NaturalPlus”, entre outros.

Algumas outras iniciativas de sucesso estão ocorrendo com a aplicação de resíduos finos de pedreiras locais, ainda que sem a denominação/regulamentação como fertilizante. A maior parte destas iniciativas regionalizadas estão associadas a agricultores em sistemas orgânicos ou agroecológicos de produção e concentram-se na região sul do país com a utilização de finos de basaltos associados a adubações orgânicas (ALMEIDA *et al.*, 2007). Estas iniciativas representam um avanço no que se refere à estruturação de arranjos produtivos locais, essenciais para um desenvolvimento sustentável real, independente e não concentrador de riquezas.

Potencial agrônômico dos pós de rocha

A maior parte das rochas com potencial para uso como fonte de nutrientes na agricultura são rochas ígneas ou metamórficas básicas e ultrabásicas devido à riqueza em cátions básicos e metálicos e à correlação negativa significativa entre o teor de Si e a susceptibilidade ao intemperismo químico das rochas (BARKER *et al.*, 1997). No entanto, a acidez das rochas (definida pelos teores de SiO₂) também está correlacionada positivamente com os teores de Na₂O + K₂O das mesmas, o que amplia a já extensa lista de materiais potenciais (MATOS; MELLO, 2010) de modo a incluir algumas rochas ácidas, de acidez intermediária e até rochas sedimentares clásticas a depender de seus teores de K₂O. Na Tabela 1 são apresentados os teores totais dos nutrientes de algumas rochas potencialmente interessantes para a prática da rochagem.

Tabela 1- Teores totais de macro e microelementos em algumas rochas com potencial para uso como fontes de nutrientes na agricultura

Elementos principais	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO
 % (dag kg ⁻¹)								
Basalto ⁽¹⁾	50,10	13,49	15,77	7,81	5,26	1,42	2,51	0,37	0,19
Tufito ⁽²⁾	46,30	5,29	19,69	7,04	12,32	3,25	0,16	0,94	0,22
Verdete ⁽³⁾	67,70	13,47	6,10	0,18	2,72	7,75	0,15	0,09	0,08
Fonolito ⁽⁴⁾	54*	9,56	3,40	1,50	0,20	8,69	6,74	0,05	0,22
Gnaisse ⁽⁵⁾	77,10	10,01	1,64	1,27	0,20	5,00	3,42	0,07	0,01
Elementos nutrientes ou benéficos	Cu	Zn	Mo	Li	Se	Co	V	Ni	La
mg kg ⁻¹								
Basalto ⁽¹⁾	200	102	<3	11	<20	37	370	55	26
Tufito ⁽²⁾	153	87	<3	45	<20	49	210	77	245
Verdete ⁽³⁾	45	132	<3	58	<20	14	461	38	28
Fonolito ⁽⁴⁾	14	125	65	28	<20	<8	67	<3	108
Gnaisse ⁽⁵⁾	3	43	<3	12	<20	<8	11	<3	40

* SiO₂ garantia mínima segundo dados do fabricante. ⁽¹⁾ Formação Serra Geral, Uberlândia, MG; ⁽²⁾ Formação Mata da Corda, Presidente Olegário, MG; ⁽³⁾ Formação Paraopeba, Cedro do Abaeté, MG; ⁽⁴⁾ Complexo Poços de Caldas, Poços de Caldas, MG; ⁽⁵⁾ Complexo Divinópolis, Nova Serrana, MG. Fonte: adaptado de BORGES *et al.* (2013).

Além da litoquímica total apresentar teores consideráveis de macro e micronutrientes para as plantas, a composição mineralógica principal da rocha é forte definidora do potencial da mesma em disponibilizar estes nutrientes às plantas (MARTINS *et al.*, 2010). No entanto, como a viabilidade de utilização de pós de rochas depende, de um modo geral, da utilização de resíduos de pedreiras e mineradoras, é importante frisar que o pó de algumas rochas pode diferir da composição da rocha original pela segregação dos materiais finos, como apontado por GRIGORIEFF *et al.* (2002). Em rochas de textura grosseira a segregação pela moagem e peneiramento pode ter um papel significativo no enriquecimento do pó com minerais de menor dureza, o que pode implicar na necessidade de caracterização litoquímica não apenas das rochas, mas também dos subprodutos finos das atividades de mineração.

Os pós de rocha silicatadas são, essencialmente, fontes multinutrientes de liberação lenta. Dessa forma, a tendência geral é que estas fontes sejam menos responsivas, em curto prazo, que os fertilizantes de alta solubilidade ou que os termofertilizantes em condições de solos altamente deficientes em nutrientes. Isto se deve, evidentemente, ao fato das rochas possuírem seus elementos dentro das estruturas cristalinas de seus minerais, cuja taxa de degradação depende de reações do intemperismo químico (HARLEY; GILKES, 2000). Algumas rochas, no entanto, podem apresentar frações significativas de elementos em materiais amorfos (vítreos) ou em cristais especialmente pequenos, mal formados ou pré-intemperizados, o que acelera a disponibilização dos elementos, como é o caso de alguns basaltos e do fonolito (TEIXEIRA *et al.*, 2012). A velocidade do intemperismo de um pó de rocha é, portanto, dependente principalmente da composição mineralógica da rocha, da granulometria do pó, do tamanho, qualidade e grau de alteração dos cristais dos minerais presentes, da intensidade de remoção dos produtos solúveis das reações do intemperismo e das condições químicas do solo em que for aplicado (FORMOSO, 2006; MARTINS *et al.*, 2010).

Segundo Carvalho (2012), a maioria das rochas silicatadas apresenta alguma limitação enquanto única estratégia de manejo da

fertilidade do solo a curto prazo, como também apontado por ESCOSTEGUY; KLAMT (1998) e RESENDE *et al.* (2006). Além dos desbalanços entre elementos, inerentes à própria composição química das rochas, a velocidade de liberação diferenciada dos nutrientes em função da diversidade mineralógica e granulométrica e as modificações destas velocidades pelo manejo do solo aumentam a complexidade na predição da disponibilização dos elementos pelas rochas, o que pode favorecer a liberação de alguns elementos em detrimento de outros (CARVALHO, 2012).

Apesar disso, é crescente o número de trabalhos que demonstram a capacidade de diferentes pós de rocha em elevar o pH do solo (ESCOSTEGUY; KLAMT, 1998; GILLMAN *et al.*, 2001; BONIAO *et al.*, 2002; DUARTE *et al.*, 2009; CARVALHO, 2012), disponibilizar Si e fornecer nutrientes essenciais às plantas (GILLMAN *et al.*, 2002; ESCOSTEGUY; KLAMT, 1998; THEODORO, 2000; SILVA *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2006; RIBEIRO *et al.*, 2010; CARVALHO, 2012; THEODORO *et al.*, 2013).

No entanto, este volume de trabalhos ainda é incipiente para responder aos questionamentos, também crescentes, quanto às estratégias de aplicação e de manejo de solo diferenciadas que devem ser realizadas de modo a acelerar a disponibilização de nutrientes das rochas. Alguns trabalhos têm apontado que a planta desempenha um papel essencial na aceleração do intemperismo dos minerais, uma vez que possui estratégias ativas e passivas de acessar os elementos retidos nas estruturas dos minerais (WANG *et al.*, 2000; HINSINGER *et al.*, 2001; BAKKER *et al.*, 2004; AKTER; AKAGI, 2005; MEHERUNA; AKAGI, 2006; WANG *et al.*, 2011).

Tais evidências dão subsídios à recomendação de aplicação antecipada dos pós de rocha, conjuntamente com adubações verdes, uma vez que algumas espécies de plantas usadas para adubação verde possuem maior capacidade de disponibilizar nutrientes presentes em rochas. O trigo-sarraceno (*Fagopyrum esculentum*), por exemplo, pode solubilizar melhor a apatita das rochas fosfóricas que a mucuna-preta ou a crotalária (MAGALHÃES *et al.*, 1991). O milho, por sua vez, possui uma maior capacidade de utilizar K advindo de rocha gnáissica do que a couve-chinesa (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis*) ou que algumas

cultivares de alfafa (WANG *et al.*, 2000). Conhecer e compreender melhor quais plantas de cobertura têm maior potencial de acessar os nutrientes presentes em cada pó de rocha e conciliar estes potenciais com outras funções desempenhadas, por estas plantas, ainda é um enorme desafio para a pesquisa.

Os microrganismos apresentam também considerável capacidade de promover o intemperismo de minerais silicatados (BARKER *et al.*, 1997). A ação microbiana pode ir da simples fragmentação de partículas a alterações complexas na superfície dos minerais, modificando suas características químicas. Os organismos podem alterar profundamente o ambiente ao seu redor, especialmente na região da rizosfera, promovendo modificações no potencial eletroquímico, concentração de ácidos orgânicos, quelantes orgânicos, entre outros, que por sua vez desencadeiam processos atribuídos ao intemperismo químico (HARLEY; GILKES, 2000).

Nesse sentido, processos microbianos têm sido buscados para acelerar o intemperismo de pós de rochas, destacando-se os processos de compostagem (SIKORA, 2004; LIMA *et al.*, 2009), vermicompostagem (CARPENTER *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2013) e biofertilizantes (LIMA *et al.*, 2010; LOPES-ASSAD *et al.*, 2010). Além dos mecanismos ativos ligados à aquisição de nutrientes pela microbiota, as altas temperaturas do processo de compostagem também tendem a promover a dissolução mais rápida dos minerais (HARLEY; GILKES, 2000). Com isso, alguns trabalhos têm demonstrado que a adição de pós de rochas ao processo de compostagem pode promover incrementos expressivos na disponibilização de nutrientes em relação a não adição, como demonstrado para Ca e Mg com a adição de pó de gnaise, ou para K e Mg com a adição de serpentinito e micaxisto, por LIMA *et al.* (2009). Os processos de compostagem, no entanto, podem estar limitados para este fim devido às suas condições de relativa neutralidade de pH (van Straaten, 2006). Dessa forma, têm-se buscado estratégias para, através da adição de materiais orgânicos, potencializar os benefícios da microbiota do solo sobre a solubilização de rochas, como já demonstrado para rochas fosfóricas por ZAHARAH; BAH (1997). No entanto, até o momento, poucos estudos buscaram avaliar o efeito de materiais orgânicos adicionados conjuntamente a pós de rochas silicatadas (SILVA *et al.*, 2008; ZANDONÁ *et al.*, 2010).

Além do efeito do processo de compostagem sobre a disponibilização de nutrientes de minerais silicatados, a simples adição conjunta de fertilizantes orgânicos e pós de rocha ao solo pode incrementar a atividade microbiana e assim acelerar o intemperismo dos minerais fontes de nutrientes (CARVALHO, 2012). Tal fato foi também reportado por SILVA *et al.* (2008) trabalhando com pó de basalto na presença ou não de adubações orgânicas com esterco bovino, lodo de esgoto e aguapé. Estes autores observaram que o efeito da aplicação do basalto sobre o crescimento de mudas de gonçalo (*Astronium fraxinifolium*) aos 120 dias foi dependente da adubação orgânica utilizada, ocorrendo somente na presença do esterco bovino ou do lodo de esgoto. Ainda segundo SILVA *et al.* (2008), a adição de basalto promoveu incrementos no pH e nas disponibilidades de P, Ca, Mg e K no solo. Alguns destes incrementos foram maiores e, ou ocorreram apenas quando o basalto foi adicionado na presença de uma adubação orgânica, como P (na presença de lodo de esgoto), K (na presença de esterco) e Ca (na presença de aguapé). CARVALHO (2012), no entanto, observou que o efeito da adição conjunta de pó de gnaïsse com adubações orgânicas sobre a disponibilização de macronutrientes da rocha foi pequeno. A disponibilização de nutrientes do pó de gnaïsse foi mais claramente influenciada pela remoção dos produtos nos equilíbrios de dissolução dos minerais fontes de nutrientes (CARVALHO, 2012).

Além disso, os dados obtidos por Carvalho (2012) permitem concluir que, embora a atividade biológica seja importante para a disponibilização dos nutrientes de pós de rochas, a planta isoladamente é igualmente capaz de atuar sobre a disponibilização de elementos das rochas quando comparado com a presença conjunta da planta com a microbiota do solo ou da planta associada com fungos micorrízicos arbusculares. O solo isoladamente, por outro lado, demonstrou-se com uma capacidade muito inferior de disponibilizar os nutrientes das rochas, indicando a necessidade de mais estudos na presença de plantas em detrimento daqueles com apenas incubação em solo (CARVALHO, 2012). Tais resultados, no entanto, não esclarecem se a microbiota envolvida nos processos de compostagem, vermicompostagem, biofertilizantes, entre outros, podem incrementar a velocidade de liberação dos nutrientes.

Souza *et al.* (2013) demonstraram que o processo de vermicompostagem, com substrato enriquecido com pó de rocha, aumentou a

liberação de nutrientes advindos da rocha. A passagem pelo trato intestinal das minhocas expõe os minerais a forte ação enzimática e trituração física que intensificam o desgaste mineral. Tal efeito, no entanto, foi dependente da rocha, sendo superior para o pó de esteatito em relação ao pó de gnaiss. Além disso, Souza *et al.* (2013) demonstraram que o enriquecimento dos substratos com pós de gnaiss e esteatito para a obtenção de vermicompostos não afetou negativamente o crescimento e a reprodução de *Eisenia andrei*, não comprometendo, desta forma, a velocidade do processo de vermicompostagem.

O potencial dos biofertilizantes na disponibilização de nutrientes de pós de rochas foi claramente evidenciado por LIMA *et al.* (2007) utilizando bactérias oxidantes do enxofre do gênero *Acidithiobacillus* e por LOPES-ASSAD *et al.* (2010) utilizando *Aspergillus niger*. Lopes-Assad *et al.* (2010) observaram incrementos de até 180 % na disponibilização de K no meio de cultura colonizado por *A. niger* quando na presença da rocha ultramáfica alcalina em relação à sua ausência.

Apesar da escassez de dados sobre o assunto na literatura científica, o potencial de processos microbianos na disponibilização de nutrientes de pós de rochas possui forte evidência. No entanto, a carência de trabalhos regionalizados, de cunho tecnológico e participativo com os agricultores tem se refletido na falta de recomendações técnicas apropriadas para diferentes situações. O entendimento do papel dos processos microbianos poderá contribuir para a seleção de tecnologias para aumentar a velocidade de liberação de nutrientes de rochas silicatadas moídas e, assim, contribuir para a viabilidade e a expansão da prática da rochagem.

Considerações finais

Os pós de rochas silicatadas são fontes de liberação lenta. Se por um lado tal fato é apontado como a principal limitação dos pós de rochas enquanto fonte de nutrientes, por outro, a rochagem representa vantagens potenciais, tais como: i) possibilidade de utilização de recursos localmente disponíveis e de aproveitamento de resíduos da indústria mineral; ii) menor gasto energético para obtenção e menor custo por unidade de nutriente; iii) disponibilidade de nutrientes mais lenta (controlada) e equilibrada diante de condições edafoclimáticas que podem proporcionar consideráveis perdas ou indisponibilização de nutrientes.

As incertezas ainda presentes na literatura científica, aliada à menor taxa de liberação de nutrientes em curto prazo dos pós de rochas, apresentam-se, na realidade, como um desafio. Um desafio que vai desde a necessidade de investigação científica do potencial agrônomo das mais diversas rochas que compõem a imensa geodiversidade brasileira, passando pela busca por estratégias de manejo de solo, cultura e adubação visando acelerar o intemperismo mineral e culminando no desafio de incluir múltiplas variáveis ambientais, sociais e econômicas na avaliação de novas tecnologias em prol de um desenvolvimento mais sustentável.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, E.; SILVA, F. J. P.; RALISCH, R. Revitalização dos solos em processos de transição agroecológica no sul do Brasil. **Agriculturas**, 4: 7-10, 2007.

AKTER, M.; AKAGI, T. Effect of fine root contact on plant-induced weathering of basalt. **Soil Science and Plant Nutrition**, 51: 861-871, 2005.

BAKKER, M. R.; GEORGE, E.; TURPAULT, M. P. ; *et al.* Impact of Douglas-fir and Scots pine seedlings on plagioclase weathering under acidic conditions. **Plant and Soil**, 266: 247-259, 2004.

BASAK, B. B.; BISWAS, D. R. Influence of potassium solubilizing microorganism (*Bacillus mucilaginosus*) and waste mica on potassium uptake dynamics by sudan grass (*Sorghum vulgare* Pers.) grown under two Alfisols. **Plant and Soil**, 317: 235-255, 2009.

BORGES, P. H. C.; CASTELARI, L. H. L.; SAMPAIO, C. C. V.; *et al.* Rochas com potencial de uso para rochagem na região do Alto Paranaíba (MG) e entorno. **Cadernos de Agroecologia**, 8: 01-06, 2013. *no prelo.*

BARKER, W. W.; WELCH, S. A.; BANFIELD, J. F. Biogeochemical weathering of silicate minerals. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, 35: 391-428, 1997.

BOLLAND, M. D. A.; BAKER, M. J. Powdered granite is not an effective fertilizer for clover and wheat in sandy soils from Western

- Australia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 56: 59-68, 2000.
- BONIAO, R. D.; SHAMSHUDDIN, J.; RANST, E. V.; *et al.* Changes in chemical properties and growth of corn in volcanic soils treated with peat, ground basalt pyroclastics, and calcium silicate. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 33: 1219-1233, 2002.
- CARPENTER, D.; HODSON, M.E.; EGGLETON, P.; *et al.* Earthworm induced mineral weathering: Preliminary results. **European Journal of Soil Biology**, 43: 176-183, 2007.
- CARVALHO, A. M. X. **Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico**. 2012. 116p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- CORONEOS, C.; HINSINGER, E.; GILKES, R. J. Granite powder as a source of potassium for plants: a glasshouse bioassay comparing two pasture species. **Fertilizer Research**, 45: 143-152, 1996.
- DUARTE, E. M. G.; CARVALHO, A. M. X.; SIMOES, D. F. F.; *et al.* Pó de basalto: alternativa agroecológica de baixa emissão de CO₂ à correção da acidez do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 4: 3994-3998, 2009.
- ESCOSTEGUY, P. A. V.; KLAMT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22: 11-20, 1998.
- FIXEN, P. E.; JOHNSTON, A. M. World fertilizer nutrient reserves: a view to the future. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 92: 1001-1005, 2012.
- FOLEY, A. F. *et al.* Global Consequences of Land Use. **Science**, 309: 570-575, 2005.
- FORMOSO, M. L. L. Some topics on geochemistry of weathering: a review. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 78: 809-820, 2006.
- GILLMAN G. P. The effect of crushed basalt scoria on the cation exchange properties of a highly weathered soil. **Soil Science Society of America Journal**, 44: 465-468, 1980.

GILLMAN, G. P.; BURKETT, D. C.; COVENTRY, R. J. A laboratory study of application of basalt dust to highly weathered soils: effect on soil cation chemistry. **Australian Journal of Soil Research**, 39: 799-811, 2001.

GILLMAN, G. P.; BURKETT, D. C.; CONVENTRY, R. J. Amending highly weathered soils with finely ground basalt rock. **Applied Geochemistry**, 17: 987-1001, 2002.

GRIGORIEFF, A.; COSTA, J. F. C. L.; KOPPE, J. O problema da amostragem manual na indústria mineral. **Revista Escola de Minas**, 55: 229-233, 2002.

HARLEY, A. D.; GILKES, R. J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 56: 11-36, 2000.

HENSEL, J. **Pães de Pedra**. Tradutores: Hans Landgraf, Jairo Restrepo Riveira, Sebastião Pinheiro. Canoas, Salles Editora, 2003. 79p.

HINSINGER, P.; BARROS, O. N. F.; BENEDETTI, M. F.; *et al.* Plant-induced weathering of a basaltic rock: experimental evidence. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 65: 137-152, 2001.

HINSINGER, P.; BOLLAND, M. D. A.; GILKES, R. J. Silicate rock powder: effect on selected chemical properties of a range of soils from Western Australia and on plant growth as assessed in a glasshouse experiment. **Fertilizer Research**, 45: 69-79, 1996.

KUDLA, A. P.; MOTTA, A. C. V.; KUDLA, M. E. Efeito do uso do pó de basalto aplicado em um Cambissolo Álico sobre o solo e crescimento do trigo. **Agrárias**, 15: 187-195, 1996.

LEAKE, H. M. Soil rejuvenation in Mauritius. **International Sugar Journal**, 52: 117-118, 1950.

LIMA, C. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; *et al.* Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 13: 334-340, 2009.

LIMA, R. C. M.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S.; *et al.*

Eficiência e efeito residual de biofertilizantes de rochas com PK e enxofre com *Acidithiobacillus* em alface. **Horticultura Brasileira**, 25: 402-407, 2007.

LIMA, F. S.; STAMFORD, N. P.; SOUSA, C. S.; *et al.* Earthworm compound and rock biofertilizer enriched in nitrogen by inoculation with free living diazotrophic bacteria. **World Journal of Microbiol Biotechnology**, 26: 1769-1775, 2010.

LOPES-ASSAD, M. L.; AVANSINI, S. H.; ROSA, M. M.; *et al.* The solubilization of potassium-bearing rock powder by *Aspergillus niger* in small-scale batch fermentations. **Canadian Journal of Microbiology**, 56: 598-605, 2010.

MAGALHÃES, J. C. A. J.; VIEIRA, R. F.; PEREIRA, J.; *et al.* Efeito da adubação verde na disponibilidade de fósforo de fosfatos, numa sucessão de culturas, em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 15: 329-337, 1991.

MANNING, D. A. C. Mineral sources of potassium for plant nutrition - a review. **Agronomy for Sustainable Development**, 30: 281-294, 2010.

MATOS, G. M. M.; MELLO, I. S. C. Inventário e cartografia de recursos agrominerais convencionais e alternativos do território brasileiro. In: Fernandes, F. R.; Luz, A. B.; Castilhos, Z.C. (Eds). **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 380p.

MARTINS, E. S.; RESENDE, A.V.; OLIVEIRA, C. G.; *et al.* Materiais silicáticos como fontes regionais de nutrientes e condicionadores de solos. In: FERNANDES, F. R.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. (Eds). **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 380p.

MEHERUNA, A.; AKAGI, T. Role of fine roots in the plant-induced weathering of andesite for several plant species. **Geochemical Journal**, 40: 57-67, 2006.

OLIVEIRA, F. A.; CASTRO, C.; MOREIRA, A.; *et al.* Efeito residual da adubação com rochas brasileiras como fontes de potássio para a cultura da soja. **Espaço & Geografia**, 2: 247-262, 2006.

PIZA, P. A. T.; BERTOLINO, L. C.; SILVA, A. A. S.; *et al.* Verdete da região de Cedro do Abaeté (MG) como fonte alternativa para potássio. **Geociências**, 30: 345-356, 2011.

PLS - PROJETO DE LEI DO SENADO, Nº 212 de 2012. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/atividade/materia/detalhes.asp?p_cod_mate=106149>. Acessado em 12/09/2013.

RESENDE, A. V.; MACHADO, C. T. T.; MARTINS, E. S.; *et al.* Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. **Espaço & Geografia**, 9: 135:161, 2006.

RIBEIRO, L. S.; SANTOS, A. R.; SOUZA, L. F. S.; *et al.* Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34: 891-897, 2010.

RODRIGUES, A. F. S.; FONSECA, D. S.; HIDER, M.; *et al.* Agrominerais: recursos e reservas. In: FERNANDES, F. R.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z.C. (Eds). **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 380p.

SIKORA, L. J. Effects of basaltic mineral fines on composting. **Waste Management**, 24: 139-142, 2004.

SILVA, E. A.; CASSIOLATO, A. M. R.; MALTONI, K. L.; *et al.* Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e sobre o crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott. **Árvore**, 32: 323-333, 2008.

SILVA, M. T. B.; HERMO, B. S.; GARCIA-RODEJA, E.; *et al.* Reutilization of granite powder as an amendment and fertilizer for acid soils. **Chemosphere**, 61: 993-1002, 2005.

SOUZA, M. E. P.; CARVALHO, A. M. X.; DELIBERALI, D. C.; *et al.* Vermicomposting with rock powder increases the growth of plants. **Applied Soil Ecology**, 69: 56-60, 2013.

SOUZA FILHO, L. F.; CRUZ, J. L.; SOUZA, L. F. S.; *et al.* Eficiência de um flogopitito como fonte de potássio para o desenvolvimento inicial do mamoeiro. **Espaço & Geografia**, 9: 215-229, 2006.

TEIXEIRA, A. M. S.; SAMPAIO, J. A.; GARRIDO, F. M. S.; *et al.* Avaliação da rocha fonolito como fertilizante alternativo de potássio.

Holos, 28: 21-34, 2012.

TILMAN, D.; FARGIONE, J.; WOLFE, B.; *et al.* Forecasting agriculturally driven global environmental change. **Science**, 292: 281-284, 2001.

THEODORO, S. M. C. H. **A Fertilização da Terra pela Terra: uma Alternativa para a Sustentabilidade do Pequeno Produtor Rural**. 221p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H.; ROCHA, E.; MACEDO, I.; REGO, K. G. Stonemmeal of amazon soils with sediments from reservoirs: a case study of remineralization of the tucuruí degraded land for agroforest reclamation. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 85: 23-34, 2013.

van STRAATEN, P. V. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 78: 731-747, 2006.

von WILPERT, K.; LUKES, M. Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulfate in a spruce stand on an acidified glacial loam. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 65: 115-127, 2003.

WANG, H. Y.; SHEN, Q. H.; ZHOU, J. M.; *et al.* Plants use alternative strategies to utilize nonexchangeable potassium in minerals. **Plant Soil**, 343: 209-220, 2011.

WANG, J. G.; ZHANG, F. S.; CAO, Y. P.; *et al.* Effect of plant types on release of mineral potassium from gneiss. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 56: 37-44, 2000.

WELTER, M. K.; MELO, V. F.; BRUCKNER, C. H.; *et al.* Efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33: 922-932, 2011.

WINIWARTER, V.; BLUM, W. E. H. From marl to rock powder: on the history of soil fertility management by rock materials. **Journal of**

Plant Nutrition and Soil Science, 171: 316-324, 2008.

ZAHARAH, A. R.; BAH, A. R. Effect of green manures on P solubilization and uptake from phosphate rocks. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 48: 247-255, 1997.

ZANDONÁ, S. R.; SANTOS, C. A. B.; ESPINDOLA, J. A. A.; *et al.* Influência da adubação verde no fornecimento de nutrientes provenientes de rocha para feijão vagem Alessa. *In*: MARTINS, E. S.; THEODORO, S. H. (Eds). **Anais do Congresso Brasileiro de Rochagem, I**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 271-276pp.

INEFICIÊNCIA DE *Bacillus Thuringiensis* EM PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS

Muriel Rizental¹

Pedro Nessi Snizek Júnior²

Introdução

A produção mundial de milho foi estimada em 870 milhões de toneladas em 2012. Os EUA são o maior produtor mundial com uma estimativa de produção de 316 milhões de toneladas no mesmo ano. Este país nos últimos anos tem tido grande parte de sua produção destinada à produção de biocombustível, mais precisamente etanol. Em 2011 direcionou cerca de 40% de sua produção para esse fim (STATISTA, 2013).

O Brasil é um país cujo grande potencial de produção de grãos ainda não foi plenamente explorado. Segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola LSPA, de Junho de 2013, a produção nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas totalizou 185,7 milhões de toneladas, superior 14,7% à obtida em 2012 (161,9 milhões). Entre as grandes regiões, o volume da produção de cereais, leguminosas e oleaginosas apresentou a seguinte distribuição: Centro Oeste (40,9%); Sul (39,5%); Sudeste (10,5%); Nordeste (6,6%) e Norte (2,5%) (LSPA, 2013).

O milho é a cultura mais amplamente difundida e cultivada, pois se adapta aos mais diferentes ecossistemas. De acordo com o LSPA, de junho de 2013, a estimativa da produção brasileira de milho é de cerca de 78,2 milhões de toneladas. Desse volume total, 34,5 milhões de toneladas (44,1%) são de 1ª safra e 43,7 milhões de toneladas (55,9%) são de 2ª safra. O Mato Grosso lidera a produção nacional de grãos, com uma participação de 23,8%, seguido pelo Paraná (20,4%) e Rio Grande do Sul (15,7%), que somados representam 59,9% do total nacional (LSPA, 2013).

O Mato Grosso, no ano de 2013, superou o Paraná como maior produtor nacional de milho. O primeiro tem estimativa de produção de

¹ Engenheira agrônoma, Mestre em Entomologia - UFLA, Professora UNIVAG -MT

² Engenheiro agrônomo, Doutor em Zootecnia - UFRGS, Supervisor de Pesquisas Agropecuárias do IBGE, Professor UNIVAG -MT

cerca de 18,4 milhões de toneladas e o segundo de 18,06 milhões. Outros estados também apresentam grande produção do cereal como: Minas Gerais (7,4 milhões), Mato Grosso do Sul (7,2 milhões), Goiás (6,9 milhões) e Rio Grande do Sul (5,3 milhões) (SNIZEK JÚNIOR, 2013).

Considerando a pesquisa PAM (2011), os municípios com as maiores áreas de milho do país são: Sorriso - MT (211.030 ha), Jataí - GO (152.000 ha), Maracaju - MS (150.300 ha), Lucas do Rio Verde - MT (135.330 ha) e Rio Verde - GO (128.500 ha. IBGE, 2011).

Segundo o Relatório de Ocorrências do IBGE para a 3ª Estimativa da safra 12/13, em Mato Grosso (maio de 2013), a produção mato-grossense de cereais, leguminosas e oleaginosas está estimada em 44,9 milhões de toneladas. Desse total, 18,4 milhões referem-se a milho (40,9% do total). A cultura tem apresentado grande crescimento nos últimos anos no estado (Gráfico 1). Outra informação relevante sobre o avanço da cultura em Mato Grosso pode ser observada, através da relação entre área de soja cultivada em 1ª safra e posterior plantio do milho em 2ª safra. No ano de 2011, esta relação era de 28,36%, em 2012, de 37,5% e, em 2013, de 41,9% (SNIZEK JÚNIOR, 2013).

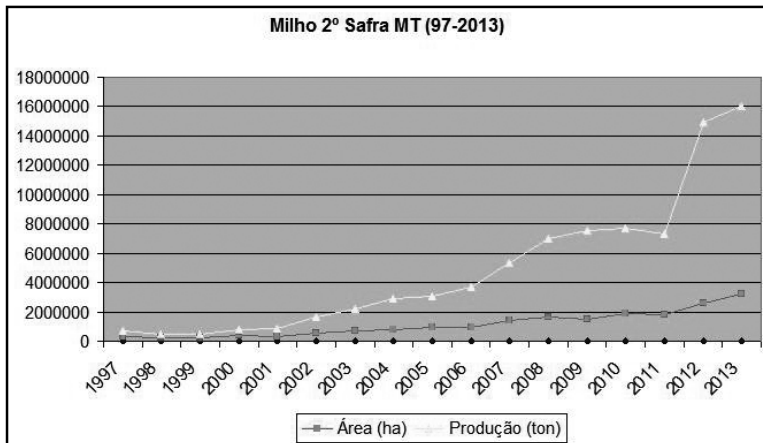


Gráfico 1- Crescimento da produção de milho safrinha no Estado do Mato Grosso desde 1997.

O Brasil é um país de opostos. De um lado mostra-se ruralmente equipado, com alta tecnologia, com áreas de cultivo imensas, alto índice de melhoramento genético, alta produtividade, sendo os grandes gru-

pos os responsáveis pelas maiores produções; de outro lado, mostra-se com 5.074.490 estabelecimentos agropecuários de agricultura familiar e 361.701 de agricultura não familiar. No Mato Grosso eram 30.285 na primeira situação e 7.378 na segunda. No estado, cultivavam milho um total de 11.340 propriedades rurais; destas, 9.113 de agricultura familiar e 2.227 propriedades de agricultura não-familiar (SNIZEK JÚNIOR, 2013).

Controle biológico e microbiano na cultura do milho

O milho (*Zea mays*) é extensivamente utilizado como alimento humano ou ração animal, devido às suas qualidades nutricionais. Todas as evidências científicas levam a crer que seja uma planta de origem mexicana, já que a sua domesticação começou de 7.500 a 12.000 anos atrás na área central da Mesoamérica. É um dos alimentos mais nutritivos que existem, contendo quase todos os aminoácidos conhecidos, sendo exceções a lisina e o triptofano (SYNGENTA, 2012).

O grão tem um alto potencial produtivo e é bastante responsivo à tecnologia. Seu cultivo geralmente é mecanizado, se beneficiando muito de técnicas modernas de plantio e colheita.

Os sistemas de produção do milho e da soja são bastante propícios ao uso do manejo integrado de pragas, principalmente os sistemas de controle biológico e microbiano porque o uso de produtos químicos é menos frequente. O sistema de produção do algodoeiro, ao contrário, devido à diversidade de pragas e o uso intensivo de inseticidas dificulta a utilização de controle biológico.

Devido a diversos problemas com os inseticidas químicos, principalmente no que se refere a resistência de pragas à utilização de medidas alternativas de controle, como o uso de inimigos naturais (predadores, parasitoides e entomopatógenos), tem sido encorajado na cultura de milho produzido no sistema convencional e no sistema transgênico, sendo fundamental no sistema orgânico de produção (CRUZ *et al.*, 1999).

Na cultura do milho, os controles biológico e microbiano devem ser as estratégias preferenciais para o manejo das pragas, principalmente em se tratando de lagartas como a *Helicoverpa armigera*, pois esta fica abrigada na espiga do milho, reduzindo, assim, a sua exposição à pulverização de inseticidas (EMBRAPA, 2013).

Entendendo o *Bacillus thuringiensis*

O *Bacillus thuringiensis* (Bt) foi descoberto em 1901, no Japão, por Shigetane Ishiwatari como agente causal da morte de bichos-da-seda, *Bombyx mori*. Essa bactéria é naturalmente encontrada no solo e possui atividade entomopatogênica, ou seja, produz uma proteína inseticida chamada de proteína Cry ou toxina Cry (SANCHIS, 2011).

Entre os anos de 1920 e 1940, vários entomopatogênicos como vírus, bactérias e fungos foram testados, mas somente o Bt foi classificado como eficiente para a proteção de cultivos e passível de produção em larga escala (SANCHIS, 2011).

O sucesso do Bt como bioinseticida ocorreu com o desenvolvimento dos cultivos-Bt (BRAVO *et al.*, 2012), como o Milho-Bt, Algodão-Bt e a Soja-Bt, que expressam a toxina Cry, resultando em cultivares resistentes a insetos mastigadores como as lagartas.

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), esta bactéria é um dos ingredientes ativos de alguns inseticidas registrados no Brasil (Quadro 1). As toxinas de Bt são comumente utilizadas contra insetos fitófagos, mastigadores de folhas, como lagartas e besouros. Recentemente, novas toxinas têm sido produzidas para o controle de larvas de Diptera, como os mosquitos. O Bt é considerado seguro para seres humanos e espécies não-alvo, como, por exemplo, os animais silvestres. Algumas proteínas tóxicas são utilizadas especialmente para pragas de cultivos, principalmente lagartas de importância econômica.

Diferentemente de inseticidas neurotóxicos, que atuam no sistema nervoso dos insetos, Bt atua produzindo proteínas chamadas de delta-endotoxinas que são toxinas em forma de cristais, que reagem com as células do mesêntero, a parte mediana do intestino dos insetos. Essas proteínas de Bt paralisam o sistema digestivo após algumas horas da ingestão, que geralmente é seguido pela inanição e posterior morte do inseto.

Ocasionalmente, a bactéria entra na hemolinfa do inseto e se reproduz. No entanto, na maioria dos insetos esta reação dos cristais com o mesêntero dos insetos já é letal. A subespécie mais utilizada é *kurstaki*, principalmente quando trata-se de insetos fitófagos como as lagartas (CRANSHAW, 2008).

Toxinas Cry constituem uma família de proteínas que atuam contra diversos invertebrados. Cumulativamente, Cry toxinas controlam uma grande gama de insetos, incluindo Lepidoptera (borboletas e mariposas), Coleoptera (besouros), Diptera (moscas e mosquitos) e Hymenoptera (abelhas e vespas) e controlam também nematoides (GRIFFITTS; AROIAN, 2005).

Mais de 290 sequências de toxinas Cry já foram identificadas e estudadas para o controle de diversos organismos (US, 2013). Já se sabe que sequências similares, como por exemplo Cry 1 (sequência 1), Cry 2 (sequência 2), Cry 3 (sequência 3), tendem a controlar os mesmos alvos, respectivamente, ou seja, o mesmo espectro de ação dentro da mesma sequência. No entanto, uma simples sequência de Cry toxina, como a Cry1Ba, pode afetar vários organismos, e uma outra toxina que tem a mesma sequência base como a Cry1Aa e Cry2Aa podem apresentar um espectro de ação similar (GRIFFITTS e AROIAN, 2005).

Quadro 1. Culturas registradas no Brasil para uso de produtos formulados à base de *Bacillus thuringiensis* e suas respectivas pragas alvo, 2013.

Cultura	Produtos registrados	Praga
Abacaxi	Dipel (WG e WP)	Broca-do-abacaxi
Abóbora	Bac-Control WP, Dipel (WG e WP)	Broca-das-cucurbitáceas, Lagarta-rosca, Broca-da-aboboreira
Abobrinha	Able	Broca-da-aboboreira, Broca-das-cucurbitáceas
Álamo	Dipel	Mariposa-do-Álamo
Alfafa	Bac-Control WP, Thuricide, Dipel WP	Lagarta-do-cartucho, Lagarta-da-alfafa
Algodão	Bac-Control WP, Dipel, Thuricide, Xentari, Dipel WP	Curuquerê-do-algodoeiro, Lagarta-das-maçãs, Helicoverpa spp.
Amendoim	Bac-Control WP, Thuricide, Dipel WP	Lagarta-da-soja, Curuquerê-dos-capinzais
Arroz	Bac-Control WP, Thuricide, Dipel WP	Curuquerê-dos-capinzais, Lagarta-do-cartucho
Batata	Thuricide	Lagarta-do-cartucho
Brócolis	Bac-Control WP, Thuricide, Xentari, Dipel WP	Curuquerê-da-couve, Traça-das-crucíferas, Falsa-medideira-da-couve
Café	Bac-Control WP, Dipel WP	Lagarta-dos-cafezais

Cultura	Produtos registrados	Praga
Cana-de-açúcar	Bac-Control WP, Thuricide, Dipel (WG e WP)	Curuquerê-dos-capinzais, Lagarta-do-cartucho
Citros	Able, Agree, Bac-Control WP, Dipel, Dipel (WG e WP)	Bicho-furão
Coco	Able, Bac-Control WP, Thuricide, Dipel WP	Lagarta-das-palmeiras
Couve	Able, Bac-Control WP, Thuricide, Xentari, Dipel WP	Curuquerê-da-couve, Traça-das-crucíferas, Falsa-medideira-da-couve
Couve-flor	Bac-Control WP, Thuricide, Dipel WP	Curuquerê-da-couve, Falsa-medideira-da-couve
Eucalipto	Dipel	Lagarta-Thyrinteina
Fumo	Bac-Control WP, Thuricide, Dipel WP	Mandarová-do-fumo, Lagarta-das-maçãs
Maçã	Dipel WG	Mariposa-oriental
Mandioca	Bac-Control WP, Thuricide, Dipel WP	Mandarová
Maracujá	Thuricide	Lagarta-do-maracujazeiro
Melancia	Bac-Control WP, Dipel WP	Broca-das-cucurbitáceas
Melão	Agree, Bac-Control WP, Dipel, Dipel (WG e WP)	Broca-das-cucurbitáceas, Lagarta-rosca, Falsa-medideira-da-couve
Milho	Thuricide	Lagarta-do-cartucho
Pastagem	Bac-Control WP, Thuricide, Dipel WP	Curuquerê-dos-capinzais, Lagarta-do-cartucho
Pepino	Agree, Bac-Control WP, Dipel WP	Broca-das-cucurbitáceas, Lagarta-rosca
Repolho	Able, Agree, Bac-Control WP, Dipel, Thuricide, Xentari, Dipel (WG e WP)	Traça-das-crucíferas, Falsa-medideira-da-couve, Curuquerê-da-couve
Seringueira	Thuricide	Mandarová
Soja	Able, Bac-Control WP, Bac-tur WP, Dipel, Thuricide, Dipel (WG e WP)	Lagarta-da-soja, Falsa-medideira-da-couve, Helicoverpa spp.
Tomate	Able, Agree, Bac-Control WP, Xentari, Dipel (WG e WP)	Traça-do-tomateiro, Broca-pequena-do-tomateiro, Broca-grande-do-fruto, Falsa-medideira-da-couve
Trigo	Dipel, Thuricide	Lagarta-do-trigo, Curuquerê-dos-capinzais, Lagarta-do-cartucho
Uva	Dipel WG	Lagarta-das-fruteiras

Fonte: Adaptado Sistema Agrofit, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Milho geneticamente modificado expressando toxinas de *Bacillus thuringiensis* no Brasil

As plantas Bt disponíveis no mercado até a safra agrícola 2012/2013 possuem as toxinas relacionadas na Quadro 2. Recomenda-se evitar eventos que expressem as mesmas toxinas nas diferentes culturas simultaneamente e sucessivamente, utilizando preferencialmente a rotação dessas toxinas. Dessa forma, se promoverá o estabelecimento de um mosaico de toxinas na paisagem agrícola, reduzindo o potencial de adaptação das pragas (resistência).

Quadro 2. Proteínas-isetécidas de *Bacillus thuringiensis* (Bt) presentes nos eventos transgênicos aprovados pela CTNBio, 2013.

Eventos transgênicos	Toxinas de Bt
Milho	Cry1Ab, Cry 1E, VIP3Aa 20, Cry1A 105, Cry 2Ab2, Cry 3Bb1
Algodão	Cry1Ac, Cry1E, Cry2Ab2, Cry1Ab, Cry 2Ac
Soja	Cry1Ac

Fonte: Adaptado de CTNBio, JAN/2013.

Ineficiências das toxinas de *Bacillus thuringiensis*

O *Bacillus thuringiensis* é degradado pelo sol. A maioria das formulações são para aplicação foliar e perduram menos que uma semana. Sabe-se também que esta bactéria é ineficiente contra pragas que se alimentam principalmente de tecidos internos das plantas (SANCHIS, 2011), sendo que algumas toxinas desenvolvidas para besouros se tornam inativas em torno de 24 horas (CRANSHAW, 2008).

A alta especificidade da ação de inseticidas com o ingrediente ativo Bt pode limitar o uso deste em culturas que são atacadas por diversas pragas, incluindo as pragas com certa resistência a diversos ingredientes como pulgões e moscas-brancas.

É um ingrediente que intoxica o inseto pelo estômago; logo, para ser efetivo, o Bt deverá ser ingerido através da alimentação. Por isso, também se recomenda que sejam feitas aplicações de cobertura porque este degrada rapidamente à luz do sol e também porque deve ser ingerido.

Aditivos como espalhantes adesivos e umectantes são utilizados com frequência junto com as aplicações de Bt para melhorar a performance do mesmo, para melhorar o cobrimento das folhas e evitar a lavagem do ingrediente pela chuva (CRANSHAW, 2008).

Após as aplicações de Bt, muitos produtores imaginam que o inseto-alvo morrerá rapidamente, o que de fato não acontece, causando, para aplicações foliares, um certo descontentamento; porém, o ingrediente controlará em alguns dias lagartas nos primeiros ínstaes.

Além da demora para o controle dos insetos comparado aos inseticidas formulados e à baixa eficiência em lagartas grandes, têm sido notificados, no Brasil, casos de ineficiência de proteínas usadas no milho contra algumas mariposas-praga de ocorrência esporádica, como a lagarta-do-trigo (*Mythimna sequax*), e pouco se sabe sobre a atividade do Bt no controle do curuquerê-dos-capinzais (*Mocis latipes*) e da *Helicoverpa armigera*, recém-detectada no país. A seleção de raças de insetos resistentes às proteínas Bt é, sem dúvida, a maior ameaça a essa tecnologia (WAQUIL e MENDES, 2013).

Tenebrio molitor, uma praga conhecida como Tenébrio, é um inseto-praga de grãos armazenados de representatividade e é susceptível a Bt var. tenebrionis para a toxina Cry3Aa, no entanto, o efeito tóxico não é acentuado (MARTYNOV, *et al.*, 2011). Testando outras toxinas de Bt como Cry1Fa1 e Cry34Ab1/Cry35Ab1 (Cry1F, Cry34/35Ab1) observou-se que para *T. molitor* e outras pragas de grãos armazenados como *Sitotroga cerealella*, *Plodia interpunctella*, *Cryptolestes pusillus*, *Tribolium castaneum*, *Trogoderma variabile*, *Oryzaephilus surinamensis* e *Rhyzopertha Dominica*, nem a toxina Cry1F, muito utilizada em diversas cultivares transgênicas no Brasil e Cry34/35Ab1, afetaram significativamente parâmetros biológicos como desenvolvimento e mortalidade nestes Coleópteros (OPPERT, *et al.*, 2010).

De acordo com pesquisas feitas recentemente no Laboratório de Entomologia do UNIVAG, constatamos que besouros-pragas de grãos armazenados, da espécie *Lasioderma serricorne*, alimentados com milho convencional, transgênicos com diversas proteínas Bt e germen de trigo não tratado, apresentaram mortalidade semelhante, ou seja, as proteínas tóxicas a Lepidoptera e também à Coleoptera, não foram eficientes no controle deste inseto de grãos armazenados.

Esperava-se que com esta nova tecnologia todos os insetos mastigadores da cultura do milho, desde o campo até o armazém, fossem controlados, o que, infelizmente, não estamos vendo no campo nos dias de hoje. Vemos, sim, as pragas do campo se tornando resistentes, principalmente devido à ausência de refúgio estruturado, e as pragas de armazenamento se reproduzirem com tanta facilidade quanto se estivessem em ambiente de grãos convencionais.

Importância das áreas de refúgio estruturado

Para retardar ou evitar essa resistência de insetos-pragas é necessário que se utilize uma área da lavoura do milho Bt com milho não Bt, ou seja, uma área de refúgio, com o objetivo de produzir insetos suscetíveis à toxina Bt para acasalar com os eventuais indivíduos produzidos no milho Bt, o que gerará indivíduos heterozigotos, suscetíveis à alta dose da toxina, reduzindo a velocidade de seleção de uma raça de insetos resistentes (MENDES, *et al.*, 2011).

O plantio da área de refúgio faz parte das estratégias de manejo de resistência de insetos-praga em lavouras que utilizam a tecnologia Bt, ou seja, cultivares resistentes às pragas. A área de refúgio é uma área da lavoura onde se faz o plantio, como por exemplo, de milho convencional (também chamado de milho não Bt) de igual porte e ciclo do milho Bt.

O percentual da área da lavoura que deve ser semeado com milho não Bt varia com o tipo de evento transgênico utilizado, por exemplo, se ele expressa uma ou mais de uma toxina, e com a recomendação feita pelas respectivas empresas detentoras dos eventos. Para os híbridos Bt's hoje disponíveis no mercado brasileiro, a recomendação de plantio de áreas de refúgio varia de 5 a 10% do total da lavoura semeada com milho transgênico (MENDES, *et al.*, 2011).

O refúgio estruturado na cultura do milho se caracteriza pela semeadura de cultivares não transgênicas a não mais de 800 metros de distância das plantas transgênicas, porque estas mariposas-praga normalmente não se dispersam mais que 800 metros, o que aumenta a probabilidade de adultos provindo de plantas transgênicas e não-transgênicas copulem (MENDES *et al.*, 2012).

Algumas plantas Bt apresentam uma estrutura com dois ou mais genes de Bt e estas são muito importantes para o manejo de resistência de insetos, pois atuam de modo a retardar a evolução de resistência.

Referências bibliográficas

AGROFIT Agrofít: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessado em 10 jul 2013.

BRAVO, A.; GÓMEZ, I.; PORTA, H.; *et al.* Evolution of *Bacillus thuringiensis* Cry toxins insecticidal activity. **Microbial Biotechnology**, 6, 17-26. 2012.

CRANSHAW, W. S. *Bacillus thuringiensis*. Insect Series - Home and Garden. Fact Sheet No. 5.556. Colorado State University Extension. 11/1999. Revised 12/2008.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; MATOSO, M. J. 1999. **Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitóide de ovos *Trichogramma***. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1999. 40p. (EMBRAPA-CNPMS, Circular Técnica, 30).

CTNBio. Jan/2013. **Resumo Geral de Plantas Geneticamente modificadas aprovadas para Comercialização**. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/17811.html>>. Acessado em: 01 de julho de 2013.

EMBRAPA. **Ações emergenciais propostas pela Embrapa para o manejo integrado de *Helicoverpa spp.* em áreas agrícolas**. 2013.

GRIFFITTS, J. S.; AROIAN, R. V. Many roads to resistance: how invertebrates adapt to Bt toxins. **BioEssays**, 27:614-624. 2005.

IBGE. **Pesquisa agrícola municipal (PAM)**. 2011. Acessado em 11 de julho de 2013. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=839&z=p&o=25&i=P>>

LSPA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro, v.26, n.5, p. 1-84, maio, 2013.

MARTYNOV, A.; EVSYUTINA, D.; OPPERT, B.; ELPIDINA, E. Effect of *Bacillus thuringiensis* Cry3Aa toxin on *Tenebrio molitor* transcriptome composition. **Moscow Conference on Computational Molecular Biology**. July 21-24, 2011.

MENDES, S. M.; RESENDE, D. C.; VIANA, P. A.; *et al.* Área de refúgio: essencial para o manejo da resistência de insetos. **Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo** (Sete Lagoas- MG). Ano 06 - Edição 39 - Setembro de 2012.

MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A. Área de refúgio é necessária? **Campo e negócios**. Out, 2011.

OPPERT, B.; ELLIS, R. T.; BADCOCK, J. Effects of Cry1F and Cry34Ab1/35Ab1 on storage pests. **Journal of Stored Products Research**. V. 46, n° 3, Julho 2010, p. 143-148.

PAM-IBGE, 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2011/>>. Acessado em 12/09/2013.

SANCHIS, V. From microbial sprays to insect-resistant transgenic plants: history of the biopesticides *Bacillus thuringiensis*. **A review. Agron. Sustain.** Dez. 2011. 31: 217-231.

SNIZEK, JÚNIOR. **Relatório de Ocorrências - 3º Estimativa da Safra 12/13**. IBGE. 19 p. Maio de 2013.

STATISTA, 2013. **Statistics and facts about corn in the U.S**. Disponível em: <<http://www.statista.com/topics/986/corn/#chapter1>> na data de 01/08/2013. Acessado em: 17 de maio de 2013.

SYNGENTA. 2012. **Culturas, Milho**. Disponível em: <http://www.servicos.syngenta.com.br/Produtos_CP/SyngentaMelhoriasI/cultura.asp?idCultura=17>. Acessado em 07 de julho de 2013.

UNIVERSITY OF SUSSEX, US, 2013. **List of *Bacillus thuringiensis* Holotype Toxins**. Disponível em: <http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/Neil_Crickmore/Bt/holo2.html>. Acessado em: 03 de agosto de 2013.

WAQUIL, J. M.; MENDES, S. M. Evolução do Milho Bt no Brasil: potenciais problemas e superação. **Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo** (Sete Lagoas-MG). Ano 07 - Edição 46 - Junho e Julho de 2013.

MELHORAMENTO GENÉTICO DA BATATA

Josiane Cristina de Assis¹

É batata!

A batata (*Solanum tuberosum*) chamada popularmente no Brasil de “batata inglesa”, ao contrário do que muitos pensam, não vem da Inglaterra. Quando os conquistadores espanhóis invadiram o Império Inca em busca de riquezas, ao final do século XVI, jamais poderiam imaginar que levariam para a Europa e o resto do mundo um bem muito mais precioso: a batata andina. Daí foi disseminada pelos navegadores espanhóis e ingleses para as colônias, origem da denominação de “batata inglesa”. Entretanto, foram os incas e outros povos indígenas que desenvolveram a bataticultura, utilizando espécies andinas.

Surgiram então técnicas eficientes de produção desse tubérculo. Ao longo dos anos, a batata se tornou o principal produto agrícola, bem como a base da alimentação na Civilização Inca. Assim, foram selecionados tipos variados para os diversos usos na alimentação, alguns ainda encontrados em países andinos. Hoje a batata é considerada prato nacional em muitos países e se destaca entre os alimentos mais consumidos do mundo, logo atrás do trigo, arroz e milho.

Esse tubérculo entrou na história não só na mesa, mas também nos ditos populares. Era comum ouvir a expressão “É batata!” para afirmar que uma coisa é certa, uma certeza. Há também a conhecida expressão “Vá plantar batatas!”. De origem portuguesa, a expressão é usada como sinônimo para “deixe-me em paz”. Sua história começa no século XVI, época em que a navegação e a pesca do bacalhau ganharam força em Portugal. A agricultura, que fornecia os alimentos básicos, era vítima de certo desdém, principalmente a da batata, tida como alimento de pobre. Assim, quem a plantava se sujeitava a uma atividade desqualificada. Mais tarde, nos países que participaram da Revolução Industrial, ser operário dava mais status que ser lavrador.

¹ Pesquisadora. Área de Melhoramento e Genética. Instituto Agrônomo do Paraná. Ponta Grossa, PR.

Com a decadência das pequenas indústrias, trabalhadores qualificados, recém-desempregados, não tinham outra opção: eram aconselhados a plantar batatas.

Também na tradição cultural a batata se fez presente em uma brincadeira que divertiu muitas gerações, a famosa “batata quente”. No jogo, crianças sentadas em círculo passam de mão em mão uma bola (ou outro objeto) enquanto uma delas, no meio, de olhos fechados, canta uma música repetindo “batata quente, quente, quente” até dizer, a certa altura, “queimou”. A criança que fica com a bola, ou melhor, a “batata quente” vai para o meio da roda e a brincadeira recomeça.

A batata está na comida, na expressão popular, nas brincadeiras e também nas bebidas. Poucos sabem que esse tubérculo está presente em muitos tipos de vodka. Na verdade, a batata era a base original da bebida, que depois passou a ser feita também de cereais. Mas continua presente na composição da vodka de muitos países, como a Polônia e a Rússia.

A batata no mundo

A batata passou a ter importância na Europa a partir do século XVII e prosperou inicialmente no Sul da Irlanda e da França, onde as condições climáticas eram mais favoráveis ao seu cultivo. A expansão para uso alimentar só foi possível no momento em que a cultura passou a ser rentável e competindo com outras fontes de alimento, provavelmente pela seleção das melhores batatas, melhor adaptadas. Na Irlanda, em 1780, o consumo diário de batata por habitante era de 3 kg e, no início do século XIX, a produtividade era de 10 t.ha⁻¹ (Horton, 1987). Por mais de 200 anos foi a mais importante fonte de alimento na Irlanda, sendo considerada muito popular.

Um dos marcos históricos da importância da batata na alimentação básica em alguns povos foi a ocorrência do “Irish Potato Famine” (Fome Irlandesa), entre 1845 e 1847 na Irlanda. Devido ao aparecimento de uma doença devastadora, os campos de produção de batata foram praticamente dizimados, ocorrendo queda drástica da produção. Mais tarde, descobriram que essa doença tratava-se da requeima (*Phytophthora infestans*). Como a batata era a base da alimentação irlandesa, isto ocasionou a morte de um milhão de habitantes e a imigração de um milhão e meio (HORTON, 1987).

Evento tão triste teve repercussão mundial e melhorias no manejo da cultura foram então desenvolvidas. Hoje se sabe que a batata é uma cultura que possibilita alta produção por área cultivada em um ciclo de três a cinco meses. Pode ser utilizada no preparo de muitos pratos da culinária em todos os países. Também serve de matéria-prima para processamento industrial. Com a industrialização podem ser obtidos produtos como batata *chips*, palito pré-frito congelado, batata palha, amido, flocos, farinhas e outros.

Em termos de produção, a cultura da batata ocupa a quarta posição em importância econômica no mundo, ficando atrás do arroz, do trigo e do milho (Anuário da Agricultura Brasileira - AGRIANUAL, 2009). A cadeia produtiva da batata é a maior e a mais complexa do setor olerícola. Quando se pensa em batata se deve relacionar a cultura com atividades que vão desde a produção de sementes até o cultivo de tubérculos para a produção de alimentos e seus derivados.

A cadeia brasileira de batata

A produção brasileira de batatas ultrapassou 3,7 milhões de toneladas em 2012, com um rendimento médio de 26,6 t.ha⁻¹. Em 2013, a previsão na produção de batatas é de um aumento de 2,6%, 1,3% e 14,9%, na primeira, segunda e terceira safras, respectivamente (IBGE, 2013).

Apesar do aumento nos últimos anos, a produtividade brasileira está abaixo da de países como a Holanda e os Estados Unidos, produzindo em média 44,7 t.ha⁻¹ e 38,7 t.ha⁻¹, respectivamente (FAOSTAT, 2007). Em propriedades brasileiras altamente tecnificadas é comum a produtividade superar 50 t.ha⁻¹. Por outro lado, há pequenos cultivos, caracterizados pela menor utilização de insumos agrícolas e, como consequência, menor produtividade. Outro fator que contribui para a baixa produtividade brasileira, em relação aos países da Europa e América do Norte, é a utilização de cultivares desenvolvidas em regiões de clima temperado.

O consumo médio no Brasil é baixo, cerca de 17 kg/habitante/ano. Enquanto nos países da América do Norte o consumo passa os 56 kg/habitante/ano. Na Irlanda, até os dias de hoje o consumo é alto, cerca de 113 kg/habitante/ano (SHIMOYAMA, 2007). Espera-se que o consumo brasileiro seja maior com a ampliação e diversificação de tipos de batatas

frescas, segmentando o mercado, e com a crescente oferta de produtos industrializados, mais convenientes aos novos hábitos dos consumidores.

Somado a este fato, a cultura da batata não é de grande importância econômica para o Brasil quando comparada a *commodities* como cana-de-açúcar e arroz. Em 2008, por exemplo, a produção nacional de cana-de-açúcar foi aproximadamente 230 vezes a produção nacional de batatas (835 milhões de toneladas de cana-de-açúcar). Já a produção de arroz alcançou os 12,5 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2009). Isto se deve ao potencial do Brasil em produzir e exportar açúcar e álcool (com acordos de compra e venda bem estabelecidos) e aos hábitos alimentares dos brasileiros, que utilizam o arroz como principal fonte de carboidratos. Porém, com o crescimento da economia brasileira, é natural que a população inicie o consumo de produtos alimentícios processados de maior valor agregado e conveniência. Isto pode ser considerado uma excelente oportunidade para os produtores de batata no Brasil, bem como para a emergente indústria de processamento (BROUWER, 2008).

Espera-se que novas tecnologias, sobretudo a utilização de novas cultivares, venham a melhorar a qualidade culinária e aumentar a produtividade da batata brasileira. Dessa forma, poderá haver a expansão da demanda interna de batatas e redução dos custos de produção, além da inserção da bataticultura nacional no mercado internacional, apresentando competitividade frente aos outros mercados.

Nesse sentido, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) e o Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar) têm se destacado no sentido de desenvolver cultivares que atendam aos produtores, indústrias e consumidores, com redução de custos de produção e impactos ao ambiente, contribuindo para a segurança alimentar.

Além disso, com o crescimento de uma consciência ambiental e de demanda de produtos mais limpos, os sistemas de produção de batata estão evoluindo para sistemas que racionalizam a utilização de insumos químicos, objetivando a produção orgânica. Sendo a batata matéria-prima para diferentes usos culinários, é necessário prestar cada vez mais atenção às características de qualidade dos tubérculos, de modo a atender devidamente os consumidores.

Como melhorar a competitividade da batata brasileira?

A bataticultura no Brasil precisa reunir forças em sua cadeia produtiva. É importante buscar as inovações nas áreas de pesquisa agrícola e a área de suprimentos, e trabalhar em conjunto rumo ao mesmo objetivo. Ou seja, trabalhar em prol da melhor competitividade e sustentabilidade da batata brasileira.

Melhorar a competitividade envolve uma série de fatores. Os principais, sem dúvida, são a maior produtividade e a melhor qualidade da batata. Nesse ponto, destaca-se o trabalho de melhoramento genético dessa espécie.

O melhoramento genético da batata envolve um conjunto de técnicas que visam às modificações de características das cultivares, de modo que os novos genótipos obtidos possibilitem aumento na produtividade, tolerância a estresses bióticos (como pragas e doenças) e abióticos (como altas temperaturas e déficit hídrico) e apresentem alta qualidade comercial do tubérculo.

O potencial de produção da batata no Brasil é crescente. No entanto, o plantio das lavouras no país ainda é altamente dependente de cultivares de origem estrangeira, as quais apresentam muitas deficiências, pois foram selecionadas em condições climáticas bastante diferentes do clima do Brasil. E existem alguns requisitos básicos para se praticar a agricultura e atender o atual consumidor de alimento saudável.

Ocorreram transformações na sociedade, nos hábitos, usos e costumes, capacidade de compra, nível de exigência. O consumidor passou a ser extremamente seletivo no que diz respeito às questões qualitativas. Ser produtor de alimentos demanda uma série de novas práticas, referenciadas nas regras sociais e ambientais, somados aos desafios agronômicos, administrativos e econômicos. Além da busca pela rentabilidade, e acima de tudo, pela sustentabilidade, que é base para os modelos de negócio na atualidade. São necessários produtos com rastreabilidade, boa aparência, logística invejável, além de preço competitivo (ARIKITA, 2013).

Todos esses fatores tornam o melhoramento da cultura da batata muito complexo. O mercado brasileiro de cultivares de batata é dominado por genótipos estrangeiros, resultando em baixa produtividade.

Tal fato se explica, pois essas cultivares quando plantadas em condições subtropicais e tropicais do país apresentam um período vegetativo menor e, conseqüentemente, têm uma menor produção de fotossintetizados, resultando em menor produtividade. Por isso exigem uso intenso de fertilizantes e demais produtos fitossanitários para atingirem altos rendimentos, o que eleva o custo de produção.

Uma oportunidade para gerar renda e agregar valor é o processamento da batata. Esse recurso possibilita a utilização de praticamente todos os tubérculos produzidos da batata, inclusive os de menor ou sem valor comercial. Tubérculos pequenos e imaturos apresentam baixos teores de amido e massa seca, que é desejável para o preparo de conservas. Com o crescimento, os tubérculos acumulam amido e massa seca, características desejáveis para a maioria dos produtos industrializados de batata, incluindo o processamento mínimo e a desidratação. Os tubérculos descartados podem ser processados para produção de bioetanol, que pode ser utilizado no preparo de bebidas finas. Portanto, o processamento pode gerar renda, agregar valor e minimizar o descarte dos tubérculos produzidos de batata, viabilizando a produção em pequenas e médias áreas.

Além da crescente demanda por produtos processados, o mercado brasileiro oferece outra grande oportunidade para a cadeia produtiva da batata: a necessidade de oferta de produtos inovadores. A importação de batata, principalmente pré-frita e congelada, tem sido a alternativa para a falta de matéria-prima de qualidade e de indústrias competitivas frente aos preços do mercado internacional. Faltam opções de cultivares que atendam satisfatoriamente aos produtores e consumidores. E quando uma cultivar é lançada, geralmente é demorada a sua aceitação no mercado.

Por que é tão difícil introduzir novas variedades de batata?

Porque a adoção de uma determinada cultivar de batata é mais cultural que qualquer outra razão. Atualmente a variedade mais plantada é a *Ágata*, por ser altamente produtiva e apresentar tubérculos de excelente aparência. Esta variedade é plantada em todas as regiões produtoras em toda e qualquer época. Com a variedade *Ágata*, o consumidor faz seu purê, frita em palitos, em forma chips, salada, enfim, tudo aquilo que qualquer receita pede. Entretanto, não possui boa qualidade culinária.

Mesmo assim, a cadeia brasileira de batata está permanentemente se ajustando por meio da inclusão de novas tecnologias, dentre as quais se destacam novas cultivares, embora a adoção de uma cultivar seja sempre um processo de quebra de barreiras. É necessário prestar cada vez mais atenção às características de qualidade dos tubérculos, de modo a atender devidamente os consumidores. A demanda a ser atendida, atualmente, são cultivares para consumo fresco, com características culinárias multifuncionais, para processamento na forma de palitos pré-fritos congelados e para sistemas de produção orgânica, também com boa aparência e boas características culinárias. Ou seja, a demanda é por cultivares que apresentem boa aptidão para uso e boa aparência de tubérculo.

Na década de 80, as variedades plantadas eram Bintje, Achat, Elvira, Baraka, Monalisa, e algumas outras de menor representatividade. A Bintje tinha um mercado que pagava um preço mais alto com relação à batata comum, muitas vezes o dobro do preço. Em contrapartida, a Achat produzia muito em ciclo bem curto. Lentamente, a Monalisa começou a ganhar espaço. No mercado ela obtinha um preço melhor que o da Achat, mas ainda um pouco inferior ao da Bintje. A Ágata substituiu a Monalisa pela produtividade, menos perdas nas lavadeiras e bom aspecto de tubérculos. Hoje o sonho do melhorista de batata é conseguir desenvolver uma cultivar que seja melhor que a Ágata. Ou seja, lançar uma cultivar mais produtiva e com melhores características culinárias que a Ágata.

Mas lançar uma cultivar de batata é um processo difícil e demorado. Em batata, mais de 50 caracteres devem ser considerados simultaneamente no processo de seleção (melhoramento genético) (Ross, 1986). Grande importância é dada aos caracteres que compõem a aparência geral dos tubérculos (SILVA *et al.*, 2007).

A boa aparência externa dos tubérculos de batata é uma combinação de componentes, como formato, número de tubérculos, tamanho, uniformidade de tamanho, tipo e coloração da película e profundidade de gemas vegetativas (NEELE *et al.*, 1989).

O padrão do mercado brasileiro é semelhantes a da cultivar Bintje (película amarelada) com boa qualidade culinária exceto o Rio Grande do Sul, onde a preferência é por tubérculos de película rosa.

Além dessas, outras características, como proeminência das sobancelhas, achatamento do tubérculo, curvatura e apontamento tam-

bém estão envolvidas na aparência geral dos tubérculos (SILVA *et al.*, 2007). A importância de cada uma dessas características está relacionada ao destino final dos tubérculos, ou seja, tubérculos para mesa (uso doméstico) ou para indústria. Além disso, a cultivar deve apresentar alto potencial produtivo, boa resistência de campo às principais doenças e pragas e que, preferencialmente, utilizem menor quantidade de insumos e produtos fitossanitários.

Essas características conferem menor custo de produção e menos impactos negativos ao ambiente e ao homem. Isto se aplica a todos os perfis de produtores, tanto empresários como pequenos agricultores, seja para o mercado de fresco ou processamento industrial, seja para o sistema tradicional ou orgânico.

A cultivar nacional Baronesa, o maior exemplo de sucesso de melhoramento genético de batata no Brasil, está sendo substituída no mercado pela Asterix, que possui tubérculos com boa aptidão à fritura. Mas, como esta não foi desenvolvida no Brasil, apresenta pouca adaptação ao clima subtropical e tropical devido, principalmente, à dormência e ciclo vegetativo longos.

Pela importância econômica e social da cultura da batata, o Instituto Agrônomo do Paraná vem participando, desde meados dos anos 80, em projetos cooperativos na Região Sul. E para aumentar as chances de sucesso no desenvolvimento de novas cultivares de batata no Programa de Melhoramento do Iapar, em 2010 foi oficializada uma parceria entre esta instituição e a Embrapa. Tal parceira é satisfatória para ambas as instituições e para a sociedade.

Através dessa parceria e acreditando que a integração de diferentes programas poderia aumentar as possibilidades de se obter cultivares mais adaptadas, o Iapar instalou e conduziu campos visando ao avanço de geração e seleção de clones promissores. O resultado desse empenho é a cultivar de batata BRS IPR Bel, lançada em 2012.

A BRS IPR Bel foi selecionada com base na aparência, rendimento de tubérculos e qualidade de fritura. Essa cultivar, fruto da parceria entre o Iapar e a Embrapa, é mais uma opção para o processamento nas formas de batata palha ou chips. Seu cultivo está sendo avaliado em toda a Região Sul do país e em algumas cidades na Região Sudeste. Estudos de adaptabilidade e estabilidade dessa cultivar são importantes,

pois ao longo dos anos foi ocorrendo uma substituição progressiva na utilização de outras cultivares, a exemplo da Bintje, Achat e Monalisa. E devido à sua qualidade industrial e boa produtividade até então demonstrada, espera-se grande utilização pelos produtores da BRS IPR Bel.

O grande desafio para o Programa de Melhoramento Genético de Batata do Iapar consiste em disponibilizar genótipos que atendam às exigências dos produtores, das indústrias e dos consumidores. Dessa forma, além da produtividade e da qualidade culinária, exigidos pelo produtor e pela indústria, deve-se avaliar também, de maneira criteriosa, a aparência externa dos tubérculos, a fim de selecionar genótipos capazes de satisfazer às exigências dos consumidores.

Então, como é desenvolvida uma cultivar de batata?

Para aumentar as chances de sucesso, um programa de melhoramento de batata deverá ser realizado concentrando os esforços nas características mais relevantes. Então, o foco deve ser aumento na produtividade e boa aparência do tubérculo. A qualidade culinária e industrial, a maior tolerância a doenças e pragas, ou seja, menor utilização de produtos fitossanitários, também são relevantes no processo de identificação de batatas (clones) superiores.

O programa de melhoramento de batata do Instituto Agrônômico do Paraná tem como objetivo principal o lançamento de cultivares que garantam a competitividade e a sustentabilidade da cadeia da batata no Estado do Paraná.

Com esse objetivo, são efetuadas ações de pesquisa e experimentação e cruzamentos direcionados, em estufa climatizada, localizada no Iapar, Pólo de Ponta Grossa (Latitude 25° 05' 42" S, Longitude 50° 09' 43" W, Altitude 969 metros). Também são realizados cruzamentos entre cultivares pela equipe colaboradora da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas. Os cruzamentos são realizados seguindo a metodologia desenvolvida pelo CIP (Centro Internacional de la Papa), que é o maior órgão mundial no estudo da cultura da batata.

Essa etapa dos cruzamentos é a base do sucesso do programa de melhoramento. Para o início do melhoramento de qualquer espécie, são escolhidos os genitores (ou os "pais"). São utilizados genitores geneticamente distantes, ou seja, sem nenhuma possibilidade de algum

parentesco. Essa escolha criteriosa possibilita o aumento da variabilidade. Deve ser tomado o cuidado para que estes genitores tenham boa adaptação à região de interesse para cultivo e que possuam características agrônômicas, industriais e culinárias desejáveis.

Os cruzamentos são realizados, preferencialmente, no período da manhã e durante os meses mais frios do ano, pois as temperaturas mais elevadas, que ocorrem nos demais meses, podem contribuir para a queda dos botões florais e reduzir a taxa de pegamento dos frutos.

A preocupação com o número de pegamento dos frutos é grande, pois para produzir uma nova variedade, é necessário obter um número elevado de *seedlings* (ou progênies, ou simplesmente “filhos”). Quanto maior este número, maior será a probabilidade de se obter variedades potencialmente superiores. Para obter uma nova cultivar são necessários de 500 mil a 2 milhões de *seedlings*.

A semeadura (sementes botânicas) é efetuada sob estufa. Na colheita, o tubérculo de maior tamanho de cada planta (genótipo) é mantido, e em conjunto com outros do mesmo cruzamento formará a família clonal. As famílias clonais são enviadas para Embrapa EN-Canoinhas, onde são armazenadas em câmara fria por cerca de oito meses antes do plantio.

Após esse período, as famílias clonais (populações resultantes) são encaminhadas no formato de mini-tubérculos para plantio na Estação Experimental do Iapar, no Município da Lapa, PR (Latitude 25° 46' 11" S, Longitude 49° 42' 57" W, Altitude 908 metros). São adotadas as mesmas recomendações de cultivo e práticas culturais de uma lavoura comercial, seguindo as informações de FERNANDES; SORATTO (2012).

Nessa fase, eliminam-se do campo experimental todas as plantas que apresentarem alguma característica indesejável, baixo vigor e de produtividade de tubérculo/planta. Na seleção para o desenvolvimento de cultivares, várias características são consideradas, destacando-se a aparência de tubérculo. Por isso, no Programa de Melhoramento de Batata do Iapar, o principal foco é dado no formato de tubérculo, cor e aspereza da película, profundidade de gemas e defeitos fisiológicos.

Para a classificação do formato dos tubérculos é adotado um índice, seguindo a fórmula: formato = (comprimento / diâmetro), é con-

siderado como tubérculo redondo aquele que apresentar índice $< 1,25$. Tubérculos ovais devem apresentar índice entre 1,25 e 1,50. E os tubérculos considerados alongados apresentarão índice $> 1,50$ (PÁDUA *et al.*, 2009). Para ser aceita no mercado *in natura*, preferencialmente, a batata precisa ser alongada (PÁDUA *et al.* 2009), sem a formação de protuberâncias ou “ombros”. Para a indústria, o formato varia de acordo com o tipo de produto a ser processado. Assim, para o preparo de palitos pré-fritos, o tubérculo deve apresentar tubérculo alongado. Já cultivares para *chips* devem possuir formato redondo (PEREIRA, 2003).

Quanto à cor e aspereza da película, serão selecionados os clones de pele lisa, que são facilmente aceitos pelo mercado *in natura*. Além disso, a coloração amarela clara brilhante é preferencial, pois é característica muito bem vista pelo produtor e consumidor brasileiro.

A profundidade de gemas, mais conhecido como “profundidade de olhos”, é outro quesito importante. Quanto mais profundas forem as gemas, maior a perda do produto quando a batata é descascada. Tanto a indústria quanto o consumidor da batata *in natura* desejam uma cultivar de batata com pouca profundidade das gemas, isto é, “olhos rasos”. Então, clones com essa característica são selecionados.

Os defeitos fisiológicos mais comuns também são analisados, como rachaduras, embonecamento, coração oco e mancha chocolate.

Plantas atípicas e que apresentarem excessiva suscetibilidade à requeima (*Phytophthora infestans*), sarna comum (*Streptomyces* spp.) e viroses são eliminadas nas gerações iniciais, passando para a identificação daquelas com tubérculos de coloração e formato adequados para o comércio.

Com o avanço das seleções, clones avançados são obtidos, cuja multiplicação de tubérculos permite a comparação entre eles e cultivares testemunhas, disponíveis no mercado. Os experimentos são delineados em blocos aumentados ou blocos ao acaso, de acordo com número de clones avaliados. A utilização de produtos fitossanitários é realizada de acordo com a necessidade da cultura.

Cada planta selecionada (clone) passa por vários ciclos de multiplicação e avaliação de campo, em Estações Experimentais do Iapar nos municípios de Palmas, PR (Latitude 26° 29' 03" S, Longitude 51° 59' 26" W, Altitude 1035 metros), Lapa e Ponta Grossa.

Além das avaliações com base nos critérios acima mencionados, os clones selecionados passam por testes de aptidão industrial. Também são coletadas as estimativas de produtividade total e comercial/ha.

Na avaliação da aptidão industrial, o material colhido e selecionado é submetido à determinação de peso específico, obtido através da relação entre o peso de tubérculos no ar e na água, de acordo com a metodologia de Maeda e Dip (2000). São utilizados dez tubérculos de cada clone selecionado e, com base nos valores do peso específico, são classificados em três categorias: baixo ($<1,077$), intermediário ($1,077$ a $1,086$) e alto peso específico ($>1,086$), conforme FITZPATRICK *et al.* (1964).

Essa classificação é extremamente importante, pois o teor de matéria seca dos tubérculos está altamente correlacionado com o peso específico (SCHIPPERS, 1976). Tubérculos com peso específico próximos de $1,06$ são recomendados para o cozimento, pois apresentam baixo teor de matéria seca (17%). Para o processamento industrial, principalmente na forma

de produtos fritos (palitos pré-fritos ou chips), devem ser considerados tubérculos com peso específico em torno de $1,085$, pois estes possuem alto teor de matéria seca (23%). Teores mais elevados de matéria seca conferem maior crocância e reduzem o consumo de óleo. Tubérculos com valores para peso específico próximos de $1,0750$ podem ser recomendados como multiuso.

Enfim, para estimativa do teor de açúcares redutores é realizado teste qualitativo com fita glicométrica. Esses açúcares são indicadores da qualidade do processo, pois durante o armazenamento a sacarose pode ser hidrolisada à glicose e frutose (açúcares redutores) e, durante a fritura há o desenvolvimento da cor escura, diminuindo a qualidade do produto final (RODRIGUZ-SAONA; WROLSTAD, 1997). Isso porque o consumidor brasileiro não aceita batata frita com coloração escura.

Para a análise de fritura na forma de *chips*, as amostras são fritas em gordura vegetal à temperatura inicial de 180°C , até parar de borbulhar (2-3 minutos). Após a fritura de todas as amostras, a cor dos 'chips' é classificada com uso de escala de notas (1 = clara, 5 = escura). Para a análise de fritura na forma de palitos, a fritura também é realizada em

gordura vegetal à temperatura inicial de 180°C, por 7min. É utilizada uma escala de notas de nove pontos para avaliação, sendo os extremos: 9 = excelente (batata frita clara) e 1= péssimo (batata frita escura).

Os clones que se sobressaem em relação a testemunhas padrão (cultivares comerciais como Asterix e Ágata) passam pelo estágio de avaliação em condições normais de cultivo, com práticas culturais utilizadas em lavouras comerciais, com realização de ensaios em diferentes locais e anos. Essa avaliação é realizada por parcerias com produtores de batata de diferentes locais da Região Sul. Estes testes multilocais de clones avançados são necessários para estudo de adaptação e estabilidade de produção e obtenção de informações de VCU (valor de cultivo e uso) e DHE (distinguilidade, homogeneidade e estabilidade), para registro e proteção de novas cultivares.

Os clones que se destacam são caracterizados morfológicamente, conforme a relação estabelecida nos descritores mínimos da batata, necessários para registro e proteção de cultivares. Essas observações são feitas conjuntamente com o produtor, os quais auxiliam com sua visão prática sobre a decisão de lançamento de uma nova cultivar. O registro e proteção de novas cultivares de batata são feitos, obedecendo às normas do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

As cultivares lançadas pelo Programa de Melhoramento de Batata do Iapar são disponibilizadas na forma de batata-semente aos produtores e as informações técnico-científicas são transmitidas por meio de resumos em eventos científicos, artigos em revistas da área agrícola, catálogo de cultivares, folders técnicos, palestras e visitas a produtores.

Considerações finais

Como se percebe, conseguir lançar uma nova cultivar de batata não é tarefa tão simples. Desde a escolha dos genitores (“pais” da futura cultivar) até a chegada ao consumidor leva-se, pelo menos, 10 anos. E além da cultivar, o máximo rendimento teórico ou potencial que uma lavoura pode atingir será determinado pelo ambiente, quando a água e os nutrientes não são limitantes e controlam-se adequadamente as plantas daninhas, pragas e doenças.

Com referência ao ambiente, não só deve considerar-se a altitude e latitude, que determinam a duração do dia, a radiação e as tempera-

turas (máximas, mínimas e amplitude), como também deve ser levado em conta o tipo de solo, sua profundidade, textura e fertilidade.

Uma vez escolhido o lugar do cultivo, nem as condições do ambiente nem as do solo, como textura e estrutura podem ser modificadas. O mesmo acontece após a definição da cultivar: seus hábitos de crescimento não poderão ser modificados. Assim, a produtividade e a qualidade da batata serão o produto dessa interação genótipo x ambiente.

Referências Bibliográficas

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Agrianual** - 2009. São Paulo: FNP, 2008.

ARIKITA A. Mudanças no mercado exigem adaptações de produtores. **Batata Show**. Ano XIII. Nº 35. Abril. 2013.

BROUWER, A. Mercado emergente da batata palito pré-frito. **Revista Batata Show**, Itapetinga, n. 21, 2008.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. **Nutrição mineral, calagem e adubação da Batateira**. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais (FEPAF). ABBA - Associação Brasileira da Batata. 1 ed. 2012. 121 p.

FITZPATRICK, T. J. *et al.* Chemical composition of potato. III. Relationship between specific gravity and the nitrogenous constituents. **Am Potato J.**, v. 41, n. 3, p. 75-82, 1964.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICAL DATABASE - **FAOSTAT**. 2007. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em 18 de abril de 2013.

HORTON, D. **Potatoes: production, marketing and programs for developing countries**. London: Westview Press, 1987. 243 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201305comentarios.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2013.

- MAEDA, M.; DIP, T. M. Curvas de porcentagem máxima de água versus peso específico em vegetais in natura - otimização de processos industriais pela seleção via teste da matéria-prima. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 20, n. 3, set./dez. 2000.
- NEELE, A. E. F.; DELEEUW, M. J. D.; VROEGOP, A. P.; *et al.*; Optimizing visual selection in early clonal generations of potato based on genetic and economic considerations. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 78, n. 5, p. 665-671. 1989.
- PÁDUA, J. G. *et al.* Potencial produtivo de cultivares francesas de batata para o estado de Minas Gerais. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 3, n. 2, p. 73-78, 2009.
- PEREIRA, A. S.; SOUZA, Z. S.; CHOER, E. Principais Cultivares. In: Pereira AS, Daniels J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa Clima Temperado. Brasília, D.F.: Embrapa Informação Tecnológica. p. 143-153. 2003.
- RODRIGUZ-SAONA, L. E.; WROLSTAD, R. E. Influence of potato composition on chipcolor quality. **American Potato Journal**, v. 74, p. 87-106, 1997.
- ROSS, H. Potato Breeding: problems and perspectives. **Advances in Plant Breeding**. Supplement 13. Hamburg: Paul Parey, 1986. 196p.
- SCHIPPERS, P. A. The relationship between specific gravity and percentage of dry matter in potato tubers. **American Potato Journal**, Orono, v. 53, n. 4, p. 111-112, 1976.
- SILVA, G. O. *et al.* Correlações entre caracteres de aparência e rendimento e análise de trilha para aparência de batata. **Bragantia**. Campinas, v. 66, n. 3, p. 381-388, 2007.
- SHIMOYAMA, N. **Situação Real da Cadeia Brasileira da Batata**. 2007. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Hortalicas/27RO/App_ABBA.pdf>. Acesso em 20 de agosto de 2013.

UTILIZAÇÃO DE *TRICHODERMA* NO MANEJO DO MOFO BRANCO (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Sandra Elisa Guimarães¹

Rafael Tadeu de Assis²

Introdução

O Brasil é hoje um dos maiores produtores de alimentos do mundo, e as plantas cultivadas representam a principal fonte nutricional humana, em um modelo de exploração agrícola que ao longo dos anos privilegiou o cultivo de um número reduzido de espécies, que teve como consequência, a ocorrência de epidemias (REIS *et al.*, 2001). Com a grande pressão por mudanças neste conceito, visando redução das doenças e garantindo a produtividade, a agricultura vem se diversificando com técnicas e novas formas de manejo que visam atingir práticas corretas e altas produtividades.

Dentro deste novo conceito, tem-se buscado formas de manejo sustentável, com foco no ambiente e na saúde de quem está envolvido no processo, direta ou indiretamente. Como uma das alternativas, desponta o controle biológico que vem sendo aplicado em escala exponencial na agricultura familiar e comercial nos últimos anos e está se consolidando como uma alternativa viável para a sustentabilidade das lavouras.

O controle biológico pode ser definido como o resultado da interação entre o patógeno, hospedeiro e antagonista, no qual sistema biológico sofre isolada ou conjuntamente a influência do ambiente (BETTIOL, 1991), reduzindo a densidade de inóculo ou a atividade determinante da doença, naturalmente ou manipulando o ambiente e/ou hospedeiro (COOK; BAKER, 1983).

Atualmente, as doenças que atacam as plantas limitam a produção agrícola no país, que têm como principais agentes causadores, os vírus, fungos, bactérias e nematóides. Neste intuito, o controle destas doenças pode ser realizado através do controle biológico que visa à redução do inóculo do patógeno no ambiente por mecanismos que po-

¹ Bióloga, Mestre em Microbiologia, Doutoranda - UFPA.

² Engenheiro Agrônomo, Me. Professor do curso de Agronomia do Centro Universitário do Planalto de Araxá - UNIARAXÁ.

dem ser a competição por espaço e nutrientes, bem como por parasitismo e produção de metabólitos que inibem o crescimento do patógeno. Esses mecanismos podem agir em conjunto ou isoladamente.

Um dos agentes de controle biológico microbiano mais estudado dos últimos anos é o fungo habitante natural do solo, chamado, *Trichoderma* sp. Ele tem a capacidade de se alimentar e/ou produzir substâncias que inibem o crescimento de diversos patógenos de solo, como aqueles pertencentes aos gêneros *Fusarium*, *Rhizoctonia* e *Sclerotinia*. Este fungo é um excelente agente de controle de outros fungos, bactérias, alguns nematodas, por apresentar baixa exigência nutricional, alto crescimento micelial e resistência a vários agentes físicos e químicos. Atualmente o *Trichoderma* sp. vem sendo utilizado para quase todas as culturas que apresentam problemas com os patógenos de solo e os resultados têm demonstrado uma diminuição da infestação atingindo controles satisfatórios das doenças ao longo dos anos.

Em se tratando de controle biológico, pode-se citar o manejo do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) com *Trichoderma* sp. O *Trichoderma* sp. é mais uma ferramenta no manejo do mofo branco, reduzindo o número de escleródios viáveis no solo. Esta tecnologia vem sendo aplicada com sucesso, principalmente em áreas de cerrado, onde há grande incidência desta doença. Este controle será melhor descrito neste capítulo.

Mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Sclerotinia sclerotiorum, agente causal do mofo branco, é um fungo polífago, tendo como hospedeiras plantas de 75 famílias, 278 gêneros e 408 espécies (LEITE, 2005). É um fungo amplamente distribuído em todas as regiões temperadas, tropicais ou subtropicais onde se cultiva feijão, soja, girassol, canola, ervilha, pepino, tomate, batata, quiabo, fumo, alface e algodão.

Os sintomas iniciais da doença são lesões encharcadas nas folhas ou qualquer outro tecido da parte aérea que normalmente tenham tido contato com as flores infectadas. As lesões espalham-se rapidamente para as hastes, ramos e vagens. Nos tecidos infectados aparece uma eflorescência branca que lembra algodão, constituindo os sinais característicos da doença (FURLAN, 2008).



Foto 01- Sintomas de mofo branco (*S. sclerotiorum*) em planta de soja.

Fonte: Instituto Agrônômico de SP.



Foto 02- Sintomas de mofo branco (*S. sclerotiorum*) em planta de algodão.

Fonte: Elaborada pelo autor

Normalmente, até a cultura chegar ao florescimento, dificilmente a doença torna-se importante.

Após este período, a doença é disseminada rapidamente porque a flor é fonte primária de energia, servindo de alimento para o fungo iniciar novas infecções.

Quando a cultura é colhida, muitos dos escleródios formados nos tecidos vegetais podem cair ao solo e novamente tornarem-se fonte de inóculo para a cultura subsequente, e irem, assim, se multiplicando sucessivamente quando houver plantas hospedeiras. Outra forma de disseminação da doença está na semente infectada com o fungo e na presença de escleródios nos sacos de sementes. Este foi o grande disseminador da doença pelo país.

Os escleródios, por serem estruturas de resistência do patógeno, podem sobreviver no solo por um período de até 11 anos, preservando seu poder patogênico (LEITE, 2005), e em condições climáticas favoráveis, germinam no solo produzindo estruturas denominadas de apotécios, onde são produzidos os esporos do patógeno, os quais são facilmente transportados pelo vento. Estes esporos, na época da flora-

ção e em condições favoráveis, germinam em flores senescentes e em seguida, invadem outros órgãos da planta, causando o apodrecimento das partes das plantas afetadas.

A germinação miceliogênica causa tombamento de pré e pós-emergência e a carpogênica, o desenvolvimento do mofo branco na parte aérea. Os fatores que favorecem o desenvolvimento do mofo branco são períodos prolongados de precipitação, alta umidade relativa, acima de 70%, alta umidade do solo, temperaturas amenas entre 15 e 22°C e a alta densidade de plantio.

O fungo pode sobreviver parasitando outros hospedeiros, saprofiticamente em restos culturais ou utilizando a matéria orgânica disponível no solo. A disseminação do patógeno nas principais áreas produtoras do Cerrado Brasileiro ocorre através da utilização de sementes infectadas e/ou infestadas, seja de feijoeiro, soja e girassol, com escleródios provenientes das áreas contaminadas; pelo próprio produtor produzindo sua própria semente em áreas contaminadas e cultivando-as em novas áreas ou através da movimentação de implementos agrícolas, transportando os escleródios das áreas contaminadas para as áreas livres do patógeno.

O controle deste patógeno em diversas culturas tem sido difícil devido à formação de estruturas de resistência que garantem a sua sobrevivência por muitos anos, mesmo em condições climáticas adversas.

Trichoderma sp.

O gênero *Trichoderma*, pertence à Ordem Hypocreales, é representado por fungos não patogênicos, que são habitantes do solo e que exercem antagonismo a vários fitopatogenos, através do parasitismo, hiperparasitismo (MELO, 1998). É um micoparásita, eficiente no controle de vários fitopatogenos, principalmente os que possuem estruturas de resistência difíceis de serem controladas por agentes químicos, como clamidosporos, escleródios (MELO, 1996). Existem algumas espécies que são muito utilizadas no controle biológico, como o *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, sendo algumas espécies já registradas em fórmulas comerciais. Dentro da mesma espécie há linhagens que interagem melhor com o hospedeiro-parásita, e possuem taxa de esporulação maior (MELO, 1996).

Este gênero representa quase 50% do mercado de controle biológico (HERAUX, 2005). Ele vem sendo utilizado no controle de várias doenças de plantas, devido à capacidade de reduzir a sobrevivência, crescimento ou infecções causadas pelos patógenos (BENITEZ, 2004). Espécies do gênero *Trichoderma/Hypocrea* encontram-se entre os agentes de biocontrole de doenças mais estudados no mundo. Vale salientar que em 90% dos fungos antagonistas utilizados para o controle biológico, há participação de diferentes espécies do gênero *Trichoderma* (BENITEZ, 2004). O comportamento desses fungos como antagonistas é essencial para seu efetivo uso em biocontrole, pois podem atuar utilizando vários mecanismos (KUÇUK; KIVANÇ, 2003). Estes fungos apresentam várias características que os colocam como organismos extremamente promissores em estudos relacionados a controle biológico, tais como:

- Não apresentam características patogênicas;
- Estão presentes em praticamente todos os tipos de solos, quando há matéria orgânica;
- São facilmente isolados, cultivados e multiplicados;
- Colonizam com eficiência o sistema radicular de diversas plantas.

Várias espécies de *Trichoderma* possuem um arsenal de mecanismos de ação e produzem substâncias antimicrobianas que garantem um amplo espectro de atividade contra diferentes fitopatógenos, portanto possuem capacidade de controlar várias doenças. Além disso, algumas linhagens de *Trichoderma* promovem o crescimento de plantas pelo aumento na disponibilidade de nutrientes e produção de hormônios de crescimento.

Os mecanismos utilizados pelas espécies de *Trichoderma* para reconhecer, inibir ou atacar fungos fitopatogênicos ainda não são completamente conhecidos (GRINYER, 2005). No processo de controle biológico, esses mecanismos podem ser representados pelos efeitos diretos e indiretos causados pelo agente de biocontrole no fitopatógeno. No caso do gênero *Trichoderma*, os efeitos diretos incluem:

Antibiose - inibição ou supressão do patógeno pela produção de diversas substâncias tóxicas, voláteis e não voláteis, com amplo es-

pectro de atividade antimicrobiana. Muitas espécies de *Trichoderma* e *Gliocladium* são conhecidas produtoras de diversos metabólitos secundários, voláteis e não voláteis, com amplo espectro de atividade antimicrobiana. Esse mecanismo vem sendo economicamente explorado com alguns produtos comerciais (PUNJA; UTKHEDE, 2003). Vários autores têm mostrado que essas espécies podem secretar diversos antibióticos antifúngicos como as pironas, isocianatos, tricotecenos, dentre outros (SCHIRMBOCK *et al*, 1994).

Competição - disputam nutrientes e/ou espaço com o patógeno, levando o seu deslocamento do sítio de infecção, impedindo a germinação de seus propágulos ou o processo de infecção da planta. Microrganismos que têm capacidade de competir por sítios de infecção e usar nutrientes disponíveis podem deslocar o patógeno por impedir a germinação de propágulos ou a sua infecção (PUNJA; UTKHRDE, 2003). As espécies de *Trichoderma* são geralmente consideradas competidoras agressivas, apresentando rápido crescimento e colonização, excluindo muitos patógenos. A eficiência da inibição do fitopatógeno pelo *Trichoderma* parece estar também relacionada a altas taxas e acumulação de CO₂ realizadas pelo antagonista (MARCHETTI *et al*, 1992).

Micoparasitismo - o antagonista utiliza o fitopatógeno como alimento, pois cresce em direção ao patógeno, se enrola em suas hifas, degrada a parede celular pela secreção de enzimas líticas (quitinases, celulases, glucanases e proteases) e delas se alimenta. Entre os modos de ação é o que mais se destaca pela complexidade e número de etapas envolvidas (LIMA *et al*, 2001). Esse mecanismo consiste na utilização do fitopatógeno como alimento para seu antagonista. *Trichoderma spp.* cresce em direção ao outro fungo, enrola nas hifas do fungo alvo em uma reação mediada por lecitinas e degrada a sua parede celular pela secreção de enzimas líticas, limitando o crescimento e atividade do fitopatogênico (CHET, 1992). As enzimas hidrolíticas extracelulares produzidas por *Trichoderma* são consideradas de importância determinante na habilidade antagonista desse fungo (THANE *et al*, 2000). O papel de cada proteína no complexo enzimático do *Trichoderma* parece ser diferente, sendo que enzimas com modos de ação de diversos ou complementares são exigências para um maior efeito antifúngico sobre diferentes fitopatógenos (LORITO *et al*, 1993).

Indução de resistência - algumas linhagens de *Trichoderma* possuem capacidade de desencadear uma série de alterações morfológicas e bioquímicas na planta, levando à ativação dos seus mecanismos de defesa contra vários fitopatógenos. Quando presente, *Trichoderma harzianum*, por exemplo, secreta proteases sobre a superfície da planta que inibem a ação das enzimas hidrolíticas desses fitopatógenos (ELAD *et al.*, 1999).

Os efeitos indiretos incluem a indução de resistência: plantas são capazes de produzir uma resposta imune após uma primeira infecção por patógenos, que é conhecida como resistência sistêmica adquirida-SAR (VAN LOON *et al.*, 1998). Linhagens de fungos do gênero *Trichoderma* colonizam e penetram tecidos da raiz de planta, iniciando uma série de alterações morfológicas e bioquímicas na planta, consideradas como parte de defesa da planta e que, no final, leva a mesma a induzir uma SAR (BAILEY; LUMSDEN, 1998). Outros efeitos indiretos também são citados, como a tolerância ao estresse devida ao desenvolvimento de raízes e tronco, bem como a solubilização e absorção de nutrientes inorgânicos. Os mecanismos não são excludentes, mas atuam sinergicamente no controle dos patógenos. A importância relativa de cada um deles depende de cada interação antagonista-patógeno e das condições ambientais (HARMAN & KUBICEK, 1998).

Controle biológico do mofo branco.

O controle biológico se apresenta como um método alternativo, que poderá ser utilizado em conjunto com os métodos cultural e químico para o controle da doença, para algumas culturas de importância econômica. Alguns fungos têm sido relatados como importantes agentes de biocontrole de *Sclerotinia sclerotiorum*, dentre eles, destacam-se: *Trichoderma virens* (HUANG *et al.*, 2000) e *Trichoderma viride* Pers. Ex Fr. (HANNUSCH & BOLAND, 1996) na cultura do feijoeiro; *Trichoderma virens* (ETHUR *et al.*, 2005) na cultura do pepineiro; *Trichoderma harzianum* Rifai (ILLIPRONT; MACHADO, 1993; MENENDEZ; GODEAS, 1998) e *Trichoderma hamatum* Bainer (ILLIPRONT; MACHADO, 1993) nas culturas do feijoeiro e da soja.

Segundo Ethur *et al.* (2005), o controle biológico através da introdução de antagonistas pode ser uma alternativa viável no controle do mofo branco. De acordo com Melo (1996), isolados de *Trichoderma*

spp. são excelentes agentes de biocontrole e são inócuos ao ser humano. Do mesmo modo, Patrício *et al.* (2001) concluíram que *Trichoderma* spp. não causam impacto negativo no meio ambiente, se tornando um agente seguro para o manejo de doenças.

No entanto, um programa integrado de medidas deve ser adotado para o controle efetivo do mofo branco (CHITARRA, 2008), dentre eles o controle biológico. O *Trichoderma* tem demonstrado atividade antagonica contra *S. sclerotiorum*, em teste de laboratório e em campo.

Um fator importante relacionado ao controle do mofo branco com *Trichoderma* se deve ao micoparasitismo sobre os escleródios, que reduz o potencial do inoculo no solo (CASSIOLATO, 1995). Este parasitismo é muito importante, visto que estas estruturas resistem no ambiente por muitos anos, e não são efetivamente controladas por agentes químicos, além de altamente resistentes aos fatores climáticos.

Existem hoje várias formulações à base de *Trichoderma*, cabendo ao produtor, escolher a que melhor se encaixa ao manejo de suas lavouras. Vale ressaltar que o controle biológico pode ser associado a outras práticas de culturas no controle do mofo branco, como a manutenção da palhada, revolvimento do solo, rotação de culturas com plantas não hospedeiras.

A aplicação também deve fazer parte de um programa de manejo de médio a longo prazo. Isso se faz necessário para reduzir o potencial do inóculo no ambiente, promover a estabilidade das comunidades microbianas do solo, permanência e estabilidade do *Trichoderma* no ambiente, a fim de atingir o equilíbrio ecológico do micro habitat.

Segundo dados do MAPA (2013), os defensivos biológicos tiveram um grande crescimento em 2012, quando comparado com 2011. Em 2011, havia somente 41 marcas de biológicos enquanto que em 2013 já são comercializadas 88, o que representa um crescimento de mais de 100% no período. A relação das empresas produtoras destes agentes de controle biológico e suas recomendações podem ser obtidas em Bettiol, *et al.*, 2012, Documento 88 da Embrapa.

Utilização do *Trichoderma* na agricultura

Isolados de *Trichoderma* spp. podem ser aplicados separadamente ou em combinação com outros antagonistas ou, ainda, com fungicidas

comumente empregados no controle de fitopatógenos de solo. Podem ser utilizadas linhagens selvagens ou previamente selecionadas como resistentes ao fungicida de interesse. As tentativas têm a finalidade de desenvolver produtos biológicos para serem utilizados no manejo integrado de doenças.

Podem ser empregados no tratamento de sementes, substratos de crescimento de plântulas ou solo para controlar patógenos como *R. solani*, *Pythium spp.* e *Fusarium spp.* que atacam tecidos juvenis, causando inúmeros problemas em viveiros ou na fase de implantação de mudas no campo.

Outro ponto positivo relacionado à utilização de *Trichoderma sp.* é a melhoria no crescimento de plantas. Inicialmente este benéfico foi relacionado ao controle de micro-organismos prejudiciais presentes na rizosfera e/ou no solo. Mais recentemente tem sido relacionado à produção de hormônios ou fatores de crescimento: maior eficiência no uso de alguns nutrientes e aumento da disponibilidade e absorção de nutrientes pela planta.

Algumas linhagens de *Trichoderma sp.* possibilitam um aumento na superfície total do sistema radicular, facilitando o acesso das raízes aos elementos minerais presentes no solo. Outro fator relacionado ao melhor desenvolvimento de plantas por isolados benéficos de *Trichoderma sp.* é o aumento da resistência aos estresses abióticos (p.ex.: umidade, pH, temperatura). Pesquisas apontam que plantas tratadas com esses agentes podem ter seu desempenho favorecido quando cultivadas em condições estressantes.

Para o desenvolvimento de produtos de biocontrole, vários passos são necessários, tais como coleta, isolamento, seleção, identificação e caracterização do microrganismo; desenvolvimento do sistema de produção massal; otimização do processo; estudos de formulação e aplicação do produto; efetividade e tempo de prateleira; registro e comercialização do produto.

Apesar da existência de mais de 70 anos de estudos com espécies do gênero *Trichoderma*, somente na última década um maior número de produtos à base deste fungo tem sido disponibilizado comercialmente. Vários são os produtos à base de linhagens de *Trichoderma spp.* registrados, ainda em fase de registro ou em estudo no Brasil e em outros países.

Fatores que determinam o sucesso da ação do *Trichoderma* spp.

Dentre os fatores importantes para a obtenção de bons resultados com a aplicação de *Trichoderma* sp., podem ser mencionados o uso de produtos biológicos de qualidade, dentro do período de validade e em doses apropriadas, seguindo todas as instruções de aplicação e armazenamento fornecidas pelo fabricante no rótulo do produto.

Atenção especial deve ser dada à escolha correta do bioproduto para se obter o efeito desejado, quer seja controle de fitopatógenos ou maior crescimento de plantas. É importante mencionar que os produtos biológicos diferem grandemente dos químicos, pois não podem ser utilizados em áreas geográficas com condições ambientais e biológicas muito diferentes entre si. Isto porque, por serem organismos vivos, devem sobreviver, colonizar e se multiplicar na planta ou no ambiente onde serão aplicados para se obter os resultados esperados. Constatase, assim, que a eficiência dos bioprodutos é afetada diretamente pelos fatores bióticos locais (organismos vivos presentes) e abióticos (tipo de solo, umidade, pH e temperatura), pois são produtos bem mais sensíveis e específicos quando comparados aos produtos químicos.

Referencias bibliograficas

BAILEY, B. A.; LUMSDEN, R. D. **Direct effects of *Trichoderma* and *Gliocladium* on plant growth and resistance to pathogens.** In: *Trichoderma and Gliocladium: Enzymes, Biological Control and Commercial Applications.* (Eds. C.P. Kubicek, G.E. Harman & K.L. Ondik). Taylor and Francis, London, pp.185-204, 1998.

BENÍTEZ, T.; RINCÓN, A. M.; LIMON, M. C. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International Microbiology**, Madrid, v. 7, n. 4, p. 249-260, 2004.

BETTIOL W. 1991. Componentes do controle biológico de doenças de plantas. In: Bettiol W.(Org.) Controle Biológico de Doenças de Plantas. Jaguariúna. Embrapa - CNPMA. pp. 179.

BETTIOL, W. *et al.* Produtos Comerciais à Base de Agentes de Biocontrole de Doenças de Plantas. Documentos / **Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna, SP, n. 88, 155p, 2012.

- CASSIOLATO A. M. R. 1995. **Parasitismo de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary por mutantes de *Trichoderma harzianum* Rifai.** Tese (Doutorado em Genética e melhoramento de Plantas) Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. p.133.
- CHET, I. Microbial control of plant diseases. In: **Environmental Microbiology.** New York: Wiley,-Liss, p335-354. 1992
- CHITARRA, L. G. **Identificação e controle das principais doenças do algodoceiro.** Campina Grande - PB. Cartilha 2ª Edição. , 2008
- COOK, R. J.; BAKER K. F. The nature and practice of biological control of plant pathogens. **The American Phytopathological Society.** Minnesota. U.S.A. p.533. 1983.
- ELAD, Y.; DAVID, D. R.; LEVI, T.; *et al.* **Trichoderma harzianum T - 39 - mechanisms of biocontrol of foliar pathogens .** In: Modern fungicides and antifungal compounds II (Eds. H. Lyr, P.E. Russel, H.W. Dehne & H.D. Sisler). Andoverm Hants, UK: Intercept, pp.459 - 67, 1999.
- ETHUR, L. Z.; BLUME, E.; MUNIZ, M.; *et al.* Fungos antagonistas a *Sclerotinia sclerotiorum* em pepineiro cultivado em estufa. . **Fitopatologia brasileira**, Brasília, v.30, n. 2, p.127-133, mar./abr. 2005.
- FURLAN, S. H. Importância e manejo do mofo branco na cultura da soja. **Plantio Direto.** Ed 107. 2008. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&cid=889>. Acesso em 02 de agosto de 2013.
- GRINYER, J.; HUNT, S.; MCKAY, M.; *et al.* Proteomic response of the biological control fungus *Trichoderma atroviride* to growth on the cell walls of *Rhizoctonia solani*. **Current Genetic**, 47:381-388, 2005.
- HANNUSCH, D. J.; BOLAND, G.J. Influence of air temperature and relative humidity on biological control of White mold of bean (*Sclerotinia sclerotiorum*). **Phytopathology** 86:156-162. 1996.
- HARMAN, G.E.; KUBICEK, C.P. **Trichoderma and Gliocladium.** London, Taylor and Francis, 1998.
- HERAUX, F. M. G., HALLETT, S. G., WELLER, S. C. 2005 Com-

binning *Trichoderma virens* inoculated compost and a rye cover crop for weed control in transplanted vegetables. **Biologic Control** 34: 21-26.

HUANG, H. C., BREMER, E., HYNES, R. K., *et al.* 2000. Foliar Application of Fungal Biocontrol Agents for the Control of White Mold of Dry Bean Caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Biological Control** 18, 270-276.

ILLIPRONTI, JR., R. A.; MACHADO, J. C. Antagonismo de fungos a *Sclerotinia sclerotiorum* em soja e feijão. **Fitopatologia Brasileira** 18:162-166. 1993.

KÜÇÜK, Ç.; KIVANÇ, M. Isolation of *Trichoderma* spp. and determination of their antifungal, biochemical and physiological features. **Turk. J. Biol.**, 27: 247-253, 2003.

LEITE, R. M. V. B. C. Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja. **Comunicado Técnico 76 EMBRAPA Soja**, Londrina, 2005.

LIMA, L. H. C., DE MARCO, J. L.; QUEIROZ, P. R.; *et al.* Método de purificação de uma endoquitinase de *Trichoderma harzianum* com atividade sobre a parede celular de fungos fitopatogênicos. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 32p. (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 11). 2001

LORITO, M.; HARMAN, G. E.; HAYES, C. K.; *et al.* Chitinolytic enzymes produce by *Trichoderma harzianum*. Antifungal activity of purified endochitinase and chitobiosidase. **Phytopathology**, 83:302-307, 1993.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Site do Governo Federal do Brasil. Notícias 2013, Assessoria de comunicação visual, sob responsabilidade de Carol Oliveria. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2013/03/mapa-registra-16-novas-marcas-de-agrotoxicos-biologicos>> Acessado em: 12/09/2013.

MARCHETTI, R.; NIPOTI, P.; D'ERCOLE, N.; GUERZONI, M. E. Competition at atmosphere level as biocontrol mechanism in *Trichoderma* spp. **Petria** , 2: 137 - 47, 1992.

- MELO, I. S. 1998. **Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos.** In: Controle Biológico, (ed. Melo IS, Azevedo JL) Jaguariuna - SP, Embrapa, pp20-67.
- MELO, I. S. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 4, p. 261-295, 1996.
- MENENDEZ, A. B.; GODEAS, A. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* attacking soybean plants. Degradation of the cell walls of this pathogen by *Trichoderma harzianum*. (BAFC 742). **Mycopathologia**. Vol. 142: 153-160, 1998.
- PUNJA, Z. K.; UTKHEDE, R.S. **Using fungi and yeasts to manage vegetable crop diseases.** **Trends in Biotechnology**, 21: 400-7, 2003.
- REIS, E. M.; FORCELINI, C. A.; REIS, A. C. 2001. **Manual de Fungicidas: Guia para o controle químico de doenças de plantas.** 4ª ed, Editora Insular, Florianópolis, SC. 16-17.
- SCHIRMBOCK, M.; LORITO, M.; WANG, Y. L.; *et al.* Parallel formation and synergism of hydrolytic enzymes and peptaibol antibiotics, molecular mechanisms involved in the antagonistic action of *Trichoderma harzianum* against phytopathogenic fungi. **Applied Environmental Microbiology** , 60: 4363 - 70, 1994.
- THRANE, C.; FUNCK JENSEN, D.; TRONSMO, A. Substrate colonization, strains competition, enzyme production in vitro , and biocontrol of *Pythium ultimum* by *Trichoderma* spp. Isolates P1 and T3. **European Journal of Plant Pathology** , 106: 215 - 20, 2000.
- VAN LOON, L. C.; BAKKER, P. A. H. M.; PIETERSE, C. M. J. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, 36:453-483. 1998.

O BIOMA CERRADO NO NOVO CENÁRIO MUNDIAL: SUSTENTABILIDADE HÍDRICA

Caroline de Andrade Gomes da Cunha¹

A água no cerrado

O recurso natural água doce está em foco neste milênio, aparecendo, com frequência, nos noticiários sobre poluição, falta de água para abastecimento, seca e, mais recentemente, para geração de energia. Há quem diga que, devido a sua importância, a disputa por controle da água potável possa desencadear a terceira guerra mundial. Dentro desta conotação, a água passa a ser, além de insumo básico essencial à vida, recurso estratégico de dominação e desenvolvimento.

É de conhecimento comum que o bioma Cerrado ocupa papel de destaque na economia brasileira, principalmente no que diz respeito à produção de grãos e outras *commodities*. No entanto, pouco é comentado sobre a importância do bioma no processo de captação e de distribuição dos recursos hídricos pelo país, sendo o local de origem das grandes bacias hidrográficas brasileiras e do continente sul-americano. Todos os usos que são feitos nas bacias que recebem água do Cerrado são dependentes do mesmo, de forma que todas as atividades desenvolvidas acabam tendo vinculação com as águas que são produzidas dentro do território do bioma.

As águas do Cerrado são importantes não somente para a manutenção do bioma, como para o desenvolvimento das atividades econômicas relacionadas: energia elétrica, navegação, indústria, consumo humano, dessedentação de animais e irrigação, seja no Brasil ou em outros países da América do Sul. Ao se tratar do recurso hídrico dentro do contexto de “água virtual”, a importância do que é captado e distribuído no grande guarda-chuva Cerrado passa a ter abrangência mundial.

No entanto, o cerrado é hoje um dos biomas mais ameaçados do país e, atualmente, possui apenas metade de sua cobertura original. A retirada da vegetação natural para práticas de agricultura e pecuária, construção de cidades e infraestrutura causam, além de perda dos diver-

¹ Professora Doutora do Centro Univarsitário do Planalto de Araxá.

sof habitats e espécies, a erosão e salinização do solo, menor infiltração das águas da chuva nos lençóis subterrâneos e contaminação dos recursos hídricos (fertilizantes, agrotóxicos, lançamento de águas residuárias não tratadas). O setor agrícola é ainda responsável pela maior taxa de consumo de água.

Como as previsões da ONU são de que, embora declinantes, as taxas de crescimento populacional serão positivas nos primeiros 50 anos do século XXI (população entre 9 e 10 bilhões), a demanda por água e por alimentos tende a crescer ainda mais. Em função desta constatação, muitos devem imaginar que novas áreas necessitem ser desmatadas para aumentar a produção agrícola e maior taxa de água deva ser utilizada nas irrigações. Todavia, isso não é verdade. Então como o cerrado, considerado por muitos como o celeiro do mundo, poderá prover de alimentos a população, sem aumento do desmatamento ou do consumo de água para práticas agrícolas? É possível se pensar na sustentabilidade hídrica do cerrado?

Neste sentido são necessárias ações de forma a deter a continuidade dos desmatamentos e elaboração de uma política municipal de recuperação de áreas degradadas, principalmente as matas de galerias e nascentes de rios. É necessária, ainda, a criação de novas estratégias de uso e ocupação do cerrado, com utilização de áreas já desmatadas, novas técnicas de plantio e de insumos agrícolas. É importante ressaltar, o uso racional da água para agricultura, com o aprimoramento das técnicas de irrigação.

A problemática da água

Nos últimos anos, tem-se notado uma movimentação intensa em relação à escassez de recursos hídricos, uma vez que as águas de muitos rios, antes consideradas inalteráveis, chegaram a um limite de resiliência em que não poderão se recompor de forma natural. As estimativas acerca do volume e da distribuição da água no mundo e do mínimo exigido para atender às necessidades humanas divergem. As projeções sobre a oferta e a demanda futura de recursos hídricos variam das mais otimistas às mais pessimistas, mas todas apontam no sentido de uma crescente escassez (AZEVEDO; MONTEIRO, 2002).

A verdade é que sempre se pensou na água como um bem abundante e, por consequência, inesgotável. Mas trata-se de uma falsa impressão. Apesar de 70% do planeta Terra ser recoberto por água, apenas 2,5% desse total estão disponíveis na forma de água doce, enquanto os outros 97,5% correspondem aos oceanos e mares, o que exigiria enormes investimentos para viabilizar o seu consumo e mesmo sua utilização como insumo para o processo produtivo. Desta pequena fração de água doce, apenas 0,5% está disponível na forma superficial, a mais facilmente utilizada para abastecimento público, irrigação e geração de energia.

As reservas de água doce do planeta são continuamente coletadas, purificadas, recicladas e distribuídas no ciclo hidrológico. E por possuir esse ciclo em que a água sempre retorna aos continentes e oceanos, ela é considerada um recurso natural renovável, o que significa dizer que, após ter sido utilizada, ainda que sua qualidade e seu estado estejam modificados, a água não é destruída e pode, em princípio, ser constantemente reutilizada (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006). Todavia algumas ressalvas devem ser feitas em relação a esse poder de reciclagem do recurso hídrico. Todo esse sistema de purificação e reciclagem funciona bem desde que não haja sobrecarga dos sistemas de água com resíduos não degradáveis, ou de degradação lenta, ou haja retirada da água de fontes subterrâneas de forma mais rápida do que a sua recarga.

Com o crescimento da população e o desenvolvimento econômico, novas áreas estão sendo desmatadas para construção de cidades, estabelecimento de indústrias, exploração do solo, produção agrícola e pecuária. Como consequência, observa-se aumento do consumo de água, compactação e impermeabilização do solo, alterando a recarga da rede hídrica superficial e subterrânea de água, e comprometendo, assim, a capacidade de renovação do recurso (CUNHA, 2010).

Além disso, os diversos poluentes lançados ou escoados para os recursos hídricos superficiais através de efluentes industriais e domésticos, escoamento superficial de áreas urbanas e agrícolas, estão deteriorando parte da água doce disponível para consumo humano e irrigação. Tal comprometimento pode ser tal que não existam técnicas suficientemente adequadas para recuperação do recurso, ou mesmo tais técnicas sejam extremamente caras, inviabilizando o processo.

Segundo Novaes (2009), a humanidade está gastando 20% a mais do que a capacidade de reposição do planeta e esse déficit aumenta cerca de 2,5 % ao ano. Diante desse quadro de consumo de água, a ONU prevê que em 2025, 1,8 bilhão de pessoas viverão em países ou regiões com falta de água, e 2/3 da população poderão enfrentar a escassez total.

Uso e consumo de água

Dentre os inúmeros usos da água, podem-se dividi-los em: usos consuntivos, que exigem sua extração da fonte e provocam alterações quantitativas no manancial; e usos não consuntivos, que não provocam grandes alterações quantitativas na reserva, mas modificam o curso natural e a qualidade das águas. As águas utilizadas na irrigação, na indústria e para abastecimento doméstico são exemplos de usos consuntivos, enquanto que a piscicultura, navegação, recreação, transporte e diluição de efluentes são chamados usos não consuntivos (von SPERLING, 2011).

O maior consumo consuntivo de água é exercido pela agricultura. De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), as médias mundiais indicam que cerca de 70% da água extraída dos mananciais destina-se à agricultura. As indústrias, por sua vez, utilizam 22% da demanda mundial de água e os 8% restantes são destinados ao uso doméstico (lavagem de roupa, limpeza, higiene, consumo pessoal e preparação de alimento).

Apesar da crescente urbanização e da suposta prioridade do uso da água para consumo humano, a demanda residencial por recursos hídricos é bem inferior à industrial e agrícola. A agricultura que deriva tal quantidade de água é a moderna, integrada à indústria, que requer grandes investimentos e faz uso da irrigação. A utilização de água pelo setor das indústrias é bem menor que a efetuada pela agricultura, quando comparada isoladamente. No entanto, o desenvolvimento industrial está na base do modo de produção e é inseparável do aumento da demanda por matéria, energia e recursos hídricos. A escassez que provoca deve-se não apenas à água que utiliza como insumo; vincula-se, sobretudo, ao uso da água para a diluição e o transporte de dejetos variados (SILVESTRE, 2003).

Água virtual

A abordagem que nos últimos anos tem sido construída em torno dos recursos hídricos, parte, cada vez mais, de pressupostos econômicos e políticos para classificar e enfrentar a escassez e poluição da água. Dentro desta perspectiva, um novo termo que se destaca é o da água virtual, criado pelo cientista inglês John Anthony Allan em 1990 e que serve para calcular toda a água utilizada na produção de um bem de consumo. Para deixar essa conta ainda mais complexa, em 2002, Arjen Hoekstra, pesquisador do Instituto de Educação sobre Águas da Unesco, propôs o conceito de “pegada de água” (water footprint), que põe na balança não apenas a água usada diretamente na cadeia de produção de um produto ou serviço, mas qual a sua fonte (fluvial, subterrânea ou pluvial), o volume de evaporação, o tipo de solo, o quanto é devolvido aos rios e ainda o volume de água poluída no processo.

O conceito de água virtual, em sua essência, explora o comércio “virtual” da água que se encontra embutida na produção de *commodities*. Sendo parte integrante e indissociável da produção de *commodities*, a água passa a figurar em um comércio internacional que explora a abundância ou a escassez de recursos hídricos como um dos pontos chaves para decisão sobre “o que” produzir e sobre “onde” produzir (CARMO *et al.*, 2007).

Ainda segundo os autores, ao se definir o conceito de água virtual como o volume de água demandado para produção de determinada *commodity*, ou seja, o volume em m³ de água necessários para a produção de x toneladas de soja, arroz ou açúcar, pode-se assumir que juntamente com as divisas geradas pela exportação destes produtos, existe um valor adicionado que não é contabilizado e que, visto desta maneira, pode representar muito mais do que apenas o equilíbrio da balança comercial de determinado país, mas, sobretudo, a sua sustentabilidade ambiental a médio e longo prazo.

Com base nestes cálculos, é possível consultar os volumes de água por tonelada produzida de uma grande variedade de produtos importantes no cenário comercial internacional. No caso brasileiro, a carne bovina, a soja e o açúcar figuram entre os mais importantes produtos exportados (Tabela 1). Sobretudo, no caso da carne bovina e da

soja, a tendência mais recente destes produtos é de crescimento na balança comercial, e tanto um quanto o outro têm sido apontados como importantes ameaças ao meio ambiente em regiões como o Cerrado e, mais recentemente, a Amazônia (CARMO *et al.*, 2007)

Tabela 1- Exportação de água virtual (em 10⁹ m³) pelo Brasil entre os anos de 2000-2005.

Produto	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005*	Total
Carne	7,6	8,9	10,3	11,5	17,1	14,7	19,2	28,6	9,5	127,3
Soja	18,7	20,8	20,0	25,8	35,2	35,8	44,6	43,2	11,9	256,1
Açúcar	0,8	1,0	1,6	0,9	1,5	1,6	1,7	2,0	0,7	11,8
TOTAL	27,1	30,8	32,0	38,2	53,7	52,2	65,5	73,8	22,0	395,3

* até abril de 2005

Fonte: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (2005) apud Carmo *et al.* (2007).

Segundo a UNESCO, o Brasil envia ao exterior cerca de 112 trilhões de litros de água doce por ano (LOBO, 2012). Esses dados colocam o país como o quarto maior exportador de “água virtual”, atrás apenas de Estados Unidos (314 trilhões litros/ano), China (143 trilhões litros/ano) e Índia (125 trilhões litros/ano).

A tabela a seguir mostra o volume de água necessário à produção de alguns bens de uso corrente.

Tabela 2- Consumo médio e água para produção de alimento.

Produto	Valores médios globais da Água virtual em (L/kg de alimento produzido)
Arroz	1.400 a 3.600
Banana	499
Batata	105 a 160
Cana-de-açúcar	318
Carne de Boi	13.500 a 20.700
Leite	560 a 865
Milho	450 a 1.600
Óleo de soja	5405
Queijo	5.280
Soja	2.300 a 2.750

Fonte: PIMENTEL *et al.* (2004).

Importância do Cerrado

- **Biodiversidade**

O Bioma Cerrado se estende pela região central do Brasil, ocupando área de mais de dois milhões de quilômetros quadrados. Certas peculiaridades como: chuvas em abundância em alguns meses do ano, e um longo e intenso período seco, permitiram o estabelecimento de diversas espécies da fauna e flora. Atualmente, o Cerrado é considerado a savana mais rica do mundo, representando 5% da fauna e flora mundiais (FERREIRA, 2010).

Por sua localização estratégica, bem no centro do país, o Cerrado contribui para aumentar a variabilidade genética das espécies, o que possibilita o intercâmbio de espécies de outros biomas limítrofes, como Floresta Amazônica, Mata Atlântica e Caatinga. Assim, dentro da visão sistêmica, segundo a qual todos os seres estão interligados e são interdependentes, o Cerrado ocupa um papel fundamental para a manutenção dos outros biomas brasileiros (MASCARENHAS, 2010).

No Brasil, o cerrado é o segundo maior bioma e concentra 1/3 da biodiversidade nacional. São cerca de doze mil espécies de vegetais e, de acordo com o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a fauna está representada por aproximadamente 161 espécies de mamíferos, 837 de aves, 120 de répteis e 150 de anfíbios (MMA, 2012).

De acordo com o pesquisador Eduardo Assad, da Embrapa, essas características fazem do cerrado o maior laboratório de genes do mundo (ROLLEMBERG, 2012). Plantas nativas adaptadas aos longos períodos de seca, típicos do clima do Cerrado, podem guardar a chave genética para a sobrevivência de espécies em situações de aumento da temperatura global (ISPN, 2013). Já Mascarenhas (2010) ressalta que o cerrado tem possibilidades econômicas interessantes como fornecedor de princípios ativos para a alimentação, cosméticos e medicamentos.

- **Berço das águas brasileiras**

O espaço ocupado pelo Bioma Cerrado desempenha papel fundamental na distribuição dos recursos hídricos pelo país. É o local de origem das grandes regiões hidrográficas brasileiras e do continente

sul-americano, podendo ser considerado o “berço das águas no Brasil e países próximos”, com quase 20 mil nascentes. Oito das doze regiões hidrográficas brasileiras são alimentadas pela captação das chuvas que caem na região, incluindo as três maiores bacias da América do Sul (Figura 1). As bacias hidrográficas do Amazonas, do Tocantins - Araguaia, do Parnaíba, do São Francisco, do Paraná e do Paraguai têm suas nascentes localizadas no cerrado (BRASIL, 2010).



Figura 1- Representação da área contínua do Cerrado em relação às bacias hidrográficas brasileiras.

A produção hídrica no Cerrado é altíssima, o que se deve principalmente a três fatores: chuvas abundantes na maior parte da sua área de abrangência; relevo com elevadas altitudes, abrangendo vários planaltos e chapadas; e características dos solos predominantes, profundos e com boa capacidade de infiltração da água de chuva e de retenção. Devido a essa capacidade do solo de infiltração, de armazenar a água e de liberá-la de forma mais lenta, o bioma acaba funcionando como um grande reservatório e consegue abastecer rios brasileiros, inclusive no período de seca (LIMA, 2011).

O Cerrado contribui com cerca de 60% da produção hídrica da bacia do Araguaia-Tocantins e mais de 90% da bacia do São Francisco. A metade da vazão que passa em Usina Hidrelétrica de Itaipu é gerada no bioma Cerrado, ou seja, pelo menos 50% da energia gerada são provenientes das águas do Cerrado. Na bacia do Parnaíba, a contribuição é de mais de 100% (LIMA, 2012).

Lima e Silva (2007) quantificaram a contribuição hídrica superficial do Cerrado para as grandes regiões hidrográficas brasileiras a partir dos dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas (Tabela 3).

Tabela 3: Contribuição Hídrica Superficial do Cerrado por região hidrográfica.

N	Região Hidrográfica	Área total**		Vazão total**		Área sob Cerrado		Vazão no Cerrado		Vazão específica (L/s/km ²)
		(km ²)	%	(m ³ /s)	%	(km ²)	%	(m ³ /s)	%	
1	Amazônica*	3.869.953	45,35	131.947	73,54	210.000	5,4	5.051	3,8	24,05
2	Tocantins-Araguaia	921.921	10,80	13.624	7,59	590.000	64,0	8.392	61,6	14,22
3	Atlântico Nordeste Ocidental	274.301	3,21	2.683	1,50	60.000	21,9	232	8,6	3,86
4	Parnaíba	333.056	3,90	763	0,43	220.000	66,1	807	105,8	3,67
5	São Francisco	638.576	7,48	2.850	1,59	300.000	47,0	2.674	93,8	8,91
6	Atlântico Leste	388.160	4,55	1.492	0,83	60.000	15,5	314	21,0	5,23
7	Paraná*	879.873	10,31	11.453	6,38	375.000	42,6	5.485	47,9	14,63
8	Paraguai*	363.446	4,26	2.368	1,32	225.000	61,9	3.214	135,7	14,29
9	Atlântico Nordeste Oriental	286.802	3,36	779	0,43	-	-	-	-	-
10	Atlântico Sudeste	214.629	2,52	3.179	1,77	-	-	-	-	-
11	Uruguai*	174.533	2,05	4.121	2,30	-	-	-	-	-
12	Atlântico Sul	187.522	2,20	4.174	2,33	-	-	-	-	-
Brasil		8.532.772	100,0	179.433	100,00	2.040.000	23,9	26.169	14,6	12,83

*Dados referentes apenas à fração da região hidrográfica inserida em território brasileiro.

**Fonte: ANA (2005)

Lima (2011) ressalta que os recursos hídricos do Cerrado possuem importância que extrapola as dimensões do bioma. De acordo com o autor, considerando-se apenas questões como de abastecimento, indústria, irrigação, navegação, recreação e turismo, já poderiam ser gerados diversos índices e números que mostram o quanto as águas do Cerrado representam para o Brasil. Somando-se a isso, destaca-se o fato de a matriz de geração de energia elétrica brasileira ser basicamente de origem hídrica (mais de 80%), com forte participação de bacias que possuem suas nascentes nesse bioma, como as bacias do Paraná, do São Francisco e do Tocantins, reforçando o caráter estratégico da região para o desenvolvimento do país.

Essa abundância hídrica é importante também para a biodiversidade do cerrado. Ela permite o intercâmbio de sementes, pólen e mes-

mo a dispersão da fauna através das matas de galeria que acompanham córregos e rios, possibilitando que indivíduos do cerrado se acasalem com representantes da Amazônia, da Mata Atlântica, e da Caatinga, o que contribui para aumentar a variabilidade genética das espécies (MAROUELLI, 2003).

O Cerrado e os rios pedem socorro

Apesar da grande relevância do Cerrado em termos de biodiversidade e produção hídrica, o bioma ocupou no cenário brasileiro um plano secundário, motivo pelo qual a sua vegetação tornou-se alvo principal de desmatamento para ceder espaço para a fronteira agropecuarista. Por conta da distribuição de chuvas, terrenos praticamente planos, favoráveis para a mecanização, o Cerrado é hoje considerado o celeiro do mundo.

Atualmente, esse bioma está entre os mais ameaçados do país. Estudos de organização não governamental, Conservação Internacional (CI-Brasil), indicam que o Cerrado pode desaparecer até 2030. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2009), dos 204 milhões de hectares originais, 48,2% já foram completamente destruídos e a metade das áreas remanescentes estão bastante alteradas, podendo não mais servir à conservação da biodiversidade (Figura 3). A taxa anual de desmatamento no bioma é alarmante, chegando a 1,5%, ou 3 milhões de hectares/ano (PAPARELLI; HENKES, 2013).

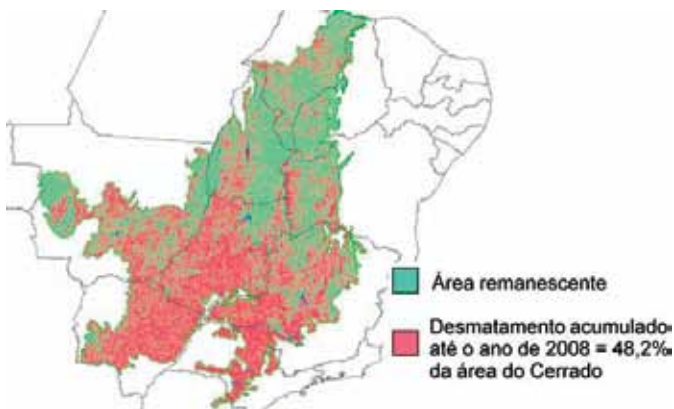


Figura 3 - Desmatamento acumulado no bioma Cerrado até o ano de 2008
Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2010)

Dados fornecidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), publicado por Sassini (2011) no *Correio Braziliense*, fazem relação direta entre a devastação do bioma e as áreas de maior drenagem (com grande concentração de nascentes). A partir das informações da Agência Nacional de Águas (ANA), o bioma foi dividido em 679 bacias de drenagem, situadas numa área de 3,5 mil km². Como resultado, verificou-se que daquelas bacias que drenam o Cerrado e outros biomas, 62,1% têm índice de desmatamento que causam impactos no abastecimento de água. Áreas de nascentes desmatadas sofrem com o assoreamento e deixam de aflorar por causa do rebaixamento do lençol freático. Com o assoreamento, os recursos hídricos morrem antes de aumentarem de volume e de abastecerem os demais corpos hídricos das bacias brasileiras.

De acordo com o estudo, o fornecimento de água dentro e fora dos limites do Cerrado já sofre impactos irreversíveis, como consequência do processo de degradação localizado exatamente em pontos estratégicos para a existência e a qualidade das águas. Minas Gerais e São Paulo são os estados com maiores concentrações de nascentes, e que também apresentam os piores índices de desmatamento nas áreas de grande drenagem, assim como Mato Grosso do Sul e Goiás.

O levantamento elaborado pelo Departamento de Políticas para o Combate ao Desmatamento do MMA relacionou 60 municípios com “risco muito alto” de impactos hidrológicos, ou seja, regiões de nascentes que perderam a função de abastecedoras por causa da devastação e falta de fiscalização (SASSINI, 2011).

Um exemplo dramático desta situação é o atual estado do rio São Francisco, altamente dependente da captação das chuvas que caem sobre a região do Cerrado. Segundo Lima (2011), moradores de vilarejos localizados na sua foz relatam que o mar tem avançado sobre as praias devido à diminuição da vazão do rio.

Sustentabilidade hídrica do Cerrado X produção de alimentos

De acordo com o relatório da ONU “*Perspectivas da População Mundial: Revisão de 2012*”, hoje somos 7 bilhões de habitantes no planeta e a parcela de pessoas subnutridas e que dormem com fome todos os dias chega a 1 bilhão. Nas próximas quatro décadas, estima-se que

a população mundial alcance 9 bilhões de pessoas, dos quais 6 bilhões viverão em cidades, e a demanda por produtos agrícolas cresça 70%.

Para enfrentar esses desafios e garantir alimentos, fibras e combustíveis para todos, os produtores rurais precisarão praticamente dobrar suas colheitas, sem, no entanto, poder aumentar as áreas plantadas na mesma proporção. Crescimento também ocorrerá no consumo de água para abastecimento humano, irrigação e serviços para atender à população. Como permitir o crescimento da produção agrícola do país sem consequências desastrosas para o Cerrado, ao mesmo tempo considerado celeiro do mundo e berço das águas? Como continuar garantindo a exportação de produtos agrícolas (“água virtual”) para os demais países de forma sustentável?

Um dos problemas mais discutidos dentro do contexto de uso da água é a participação do setor agrícola no consumo de recursos hídricos. De acordo com Lima (2011), dependendo da cultura plantada, do clima, do solo, do sistema de cultivo e do manejo da irrigação, consome-se, normalmente, de 3.000 a 15.000 m³.ha⁻¹.ano⁻¹. Assim, a produtividade média da água para a produção de grãos está entre 0,2 e 1,5 kg.m³.

Ainda segundo o autor Lima, com a intensificação da prática da irrigação como uma alternativa estratégica para aumentar a oferta de produtos agrícolas, as áreas irrigadas no Brasil vêm aumentando. Estima-se que o Cerrado possua cerca de 10 milhões de hectares aptos à irrigação e que, atualmente, menos de um milhão de hectares sejam efetivamente utilizados para esse fim. Esse dado indica que, caso as condições de mercado, infraestrutura e financiamentos sejam favoráveis, a prática da irrigação ainda tem grande potencial de expansão nesse bioma (LIMA, 2011).

No entanto, apesar do potencial de exploração da prática da irrigação ainda estar longe de ser atingido, conflitos pelo uso da água se multiplicam na região, seja pelo seu uso na irrigação, seja pelo excesso de irrigantes em um determinado local, ou por causa da não utilização das técnicas existentes para se efetuar o manejo adequado da irrigação. O manejo adequado favoreceria a otimização do uso da água e a redução da pressão sobre os recursos hídricos. Com o uso da tecnologia para monitoramento do clima, topografia, tipo de solo, umidade do solo,

taxa de evapotranspiração da cultura, dentre outros, é possível determinar o momento de se irrigar e o quanto de água aplicar nas áreas cultivadas, evitando assim o seu desperdício. Estudos apontam que grande parte da água empregada no plantio de alimentos se perde em vazamentos, na evaporação ou na infiltração no subsolo (AZEVEDO; MONTEIRO, 2002; SILVESTRE, 2003; BRASIL, 2010; LIMA, 2011).

Em muitos perímetros irrigados, a baixa qualidade das águas de superfície pode levar à utilização das águas subterrâneas. De uma forma geral, a vazão dos poços na região do Cerrado não permite a aplicação desses recursos em atividades que precisam de muita água, como no caso da irrigação de grandes áreas. O uso descontrolado desta água pode levar ao rebaixamento dos aquíferos. Como essas águas subterrâneas são geralmente de boa qualidade, estas podem e são bastante utilizadas no abastecimento de residências e pequenas comunidades.

Pesquisas, principalmente na área agrícola, são feitas visando à criação de tecnologias que reduzam o gasto de água durante o processo, como por exemplo o gotejamento. Segundo Marouelli e Silva (2006), além de apresentar uma boa eficiência, o gotejamento também se destaca na questão do manejo da irrigação, com menor desperdício de água.

Há necessidade urgente de disciplinar o uso de água pelos pivôs centrais de irrigação, que em médio desperdiçam mais de 50% do líquido que retiram dos aquíferos, além de outros problemas. Como a água cai de grande altura, há um nível de evaporação muito alto e a queda produz impacto no solo que leva à compactação e também à erosão, carreando para os rios sedimentos e agrotóxicos (NOVAES, 2009).

A agricultura também é considerada como uma das principais poluidoras dos recursos hídricos, sendo a salinidade e a contaminação por nitrato e fosfatos, os principais indicadores de poluição das águas (MANSOR; TEIXEIRA-FILHO; ROSTON, 2006). Sob determinadas condições de solo e clima, o uso excessivo ou o manejo inadequado de fertilizantes podem acarretar no enriquecimento das fontes hídricas, promovendo a eutrofização de suas águas. A consequência é a proliferação de algas (do tipo cianobactérias) e a produção de substâncias tóxicas (cianotoxinas) que podem afetar a saúde humana e causar a mortalidade dos animais (MCKERGOW, 2003; NEAL, 2006).

Para evitar a poluição por insumos agrícolas, deve-se contar com o monitoramento ambiental para se estipular corretamente o período e a quantidade de fertilizantes que deve ser lançada no solo, de forma a evitar o uso excessivo e o seu escoamento para os recursos hídricos durante o período de chuvas.

Outra técnica que vem sendo adotada no cerrado é o plantio direto. Esse plantio é caracterizado pela semeadura realizada diretamente sobre os restos do cultivo anterior, sem nenhum preparo do solo (aração e gradagem). Há desta forma, maior permanência dos resíduos vegetais na superfície do solo, protegendo-o contra o processo erosivo no período entre dois cultivos. Além disso, quando o solo é manejado sob o plantio de forma adequada, ocorre acumulação de nutrientes e resíduos vegetais nas camadas mais superficiais, ocasionando, portanto, maior fertilidade do solo (ANDRADE; BRITO, 2006). Os benefícios do plantio direto para toda a sociedade estão na conservação dos recursos naturais, diminuindo significativamente a erosão, o assoreamento e a poluição de rios e represas (MAROUELLI; SILVA, 2006).

A Embrapa Cerrados vem desenvolvendo pesquisas com o objetivo de aumentar o conhecimento sobre como funcionam os processos hidrológicos (infiltração, escoamento, vazão, qualidade da água) e suas relações com as atividades desenvolvidas pelo homem, tais como, agricultura e pecuária. Muitas das pesquisas visam estimular o uso racional dos recursos hídricos na agricultura. Entre elas, é possível destacar os trabalhos sobre manejo de irrigação, os que compatibilizam a demanda hídrica para atividades agrícolas com a oferta de água das bacias hidrográficas, os que incentivam o uso racional de insumos agrícolas para evitar a contaminação dos recursos hídricos e a adoção de boas práticas agrícolas que minimizem os processos erosivos e o assoreamento dos rios.

Algumas tecnologias geradas por estes estudos podem subsidiar o uso racional da água em atividades agrícolas. Como, por exemplo, a aplicação de modelos hidrológicos/ambientais, que são importantes ferramentas de suporte a decisão para ações de gestão territorial e de recursos hídricos, e o zoneamento econômico-ecológico para definição de áreas de aptidão agrícola ou destinadas à conservação. Outras orientações fundamentais são a manutenção da cobertura do solo com adoção do sistema de plantio direto, boa construção de terraços e implantação do sistema integração-lavoura-pecuária-floresta (CASTELOES, 2013).

No entanto, não é somente a prática agrícola responsável pelo desmatamento e poluição das águas no Cerrado. A retirada da mata ciliar para pecuária, urbanização e estabelecimento de indústrias e infraestrutura, o lançamento de esgotos domésticos e industriais sem tratamento, e a implantação descontrolada de centrais hidrelétricas nos rios da região para suprir a demanda hídrica da região, também vêm causando graves problemas relacionados aos recursos hídricos.

Diante disso, é preciso um olhar atento para todas as atividades que acontecem no Cerrado, de forma a garantir a sustentabilidade do solo e das águas, não somente como local estratégico na geração de divisas e atividades atendidas, mas para a própria preservação das espécies.

Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Disponibilidade e demanda de recursos hídricos no Brasil. Estudo Técnico. Caderno de Recursos Hídricos. Brasília: Agência Nacional de Águas. 2005. 123p.

ANDRADE, C. L. T; BRITO, R. A. L. Irrigação. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 1. 2 ed. Dez. 2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/imetodos.htm>. Acesso em 23 ago. 2013.

AZEVEDO, A. A; MONTEIRO, J. L. G. **Análise dos impactos ambientais da atividade agropecuária no Cerrado e suas inter-relações com os recursos hídricos na região do Pantanal.** WWF, 2002. Disponível em: <http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf_brasil_impactos_atividade_agropecuaria_cerrado_pantanal.pdf>. Acesso em 10 de ago.2013.

BRASIL. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado:** conservação e desenvolvimento. Serviço Público Federal. Brasília, DF. 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/ppc cerrado_15set_impresao_sem_crditos_182.pdf>. Acesso em 10 de ago. 2013.

CARMO, R. L; OJIMA, A. L. R.O; OJIMA, R.; et al. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande exportador de água. **Ambiente & Sociedade.** Campinas, V.X, n.1, p.83-96, 2007.

CASTELÕES, L. **Cerrado: berço das águas brasileiras**. Embrapa Cerrados. 2011. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/noticias/noticia_completa/303/>

CUNHA, C. A. G. **A sub-bacia do rio Jacupiranga**: análise dos aspectos socioeconômicos e ambientais como subsidio para o manejo sustentável da região do Vale do Ribeira de Iguape, São Paulo. Tese de Doutorado, Escola e Engenharia de São Carlos - USP, 2010. 250p.

FERREIRA, N. C. A sustentabilidade do cerrado brasileiro no século XXI. **Revista UFG**. 2010; n. 9, ano 12, p. 15-18.

INSTITUTO SOCIENDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA - ISPN. **Cerrado integra natureza e cultura**. Disponível em: <<http://www.ispn.org.br/o-cerrado/cerrado-integra-natureza-e-cultura/>> Acesso em 15 jul. 2013.

LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectivas sobre as águas do cerrado. **Cienc. Cult.** [online]. 2011, vol.63, n.3, pp. 27-29.

LIMA, J. E. F. W. **Boletim informativo da Agência Brasileira de Meio Ambiente, Tecnologia da Informação**. 2012. Disponível em: <<http://ecodatainforma.wordpress.com/>>. Acesso em 27 jul. 2012.

LIMA, J.E.F.W.; SILVA, E.M. Estimativa da contribuição hídrica superficial do Cerrado para as grandes regiões hidrográficas brasileiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRICOS, 17., 2007, São Paulo. Anais.. São Paulo: ABRH.

LOBO, T. Brasil exporta cerca de 112 trilhões de litros de água doce por ano. **O Globo Ciência**. 11 nov. 2012. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/ciencia/brasil-exporta-cerca-de-112-trilhoes-de-litros-de-agua-doce-por-ano-6045674#ixzz2chzIKE3j>> Acesso em 25 de jul. 2013.

MANSOR, M. T.; TEIXEIRA-FILHO, J.; ROSTON, D. M. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural em uma sub-bacia do rio Jaguari, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.715-723, 2006.

MASCARENHAS, L. M. A. A tutela legal do bioma cerrado. **Revista UFG**. 2010; n. 9, ano 12, p.19-25.

MAROUELLI, R.P. **O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro**. Monografia ISEA, Fundação Getúlio Vargas, 2003, 64p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Hortic. Bras.** v. 24, n. 3. Brasília jul/set. 2006.

MCKERGOW, L. A.; *et al.* Before and after riparian management: sediment and nutrient exports from a small agricultural catchment, Western Australia. **Journal of Hydrology**, v.270, p.253-272, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. O Bioma Cerrado. 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em 25 jul. 2012.

NEAL, C.; *et al.* Nitrate concentration in river waters of the upper Thames and its tributaries.

Science of the Total Environment, v. 365, p.15-32, 2006.

NOVAES, W. A sobrevivência humana ameaçada. **Eco 21**. Edição 153, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.eco21.com.br/edicoes/edicoes.asp?edi%E7%E3o=153>>. Acesso em 13 de ago. 2013.

PIMENTEL, D.; *et al.* Water Resources: Agricultural and Environmental Issues. **Bioscience**, v. 54 n. 10, p. 909-918, Out. 2004.

PAPARELLI, A; HENKES, J. A. Devastação da cobertura vegetal nativa no bioma cerrado do Distrito Federal caracterizando a extinção de espécies da flora. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 241 - 256, out. 2012/mar.2013.

REBOUÇAS, R.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3a ed. São Paulo, Escrituras, 2006. 255p.

ROLLEMBERG, R. O cerrado e os rios pedem socorro. **Correio Brasiliense**. n. 33, 2012.

SASSINI, V. Devastação das bacias do Cerrado impacta a vida de 88,6 milhões de pessoas. **Correio Brasiliense**. 24 abr. 2011. Disponível em: <<http://www.correiobrasiliense.com.br/app/noticia/bra>

sil/2011/04/24/interna_brasil,249269/devastacao-do-cerrado-impacta-qualidade-de-vida-de-88-6-milhoes-de-pessoas.shtml>. Acesso em 17 de jul. 2013.

SILVESTRE, M. E. D. **Água doce no Brasil**: razões de uma nova política. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 2003. 134p.

Von, SPERLING. M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: DESA-UFGM, 2011. 452p

TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO DE GRÃOS: FERRAMENTAS E APLICAÇÕES

*Bruno Gabriel de Carvalho¹
Arejacy Antônio Sobral Silva²*

O britânico Thomas Malthus, em 1798, formulou uma teoria em que a população mundial cresceria em progressão geométrica e a produção de alimentos, em progressão aritmética. Isso em alguns anos seria motivo de fome e guerras. O fato não se confirmou, mas ainda hoje em dia, a produção de alimentos para atender a demanda populacional futura é um desafio.

A FAO (2009) estima que em 2050 o aumento da população e da renda exigirá um incremento de 70% da produção global de alimentos. Do aumento na produção, 80% terá que ocorrer em terras cultivadas atualmente, por meio de intensificação sustentável, utilizando os recursos sem causar danos. Ainda segundo a FAO (2009), 25% dos solos do planeta estão degradados. A degradação é devida às práticas agrícolas que causam erosão hídrica e eólica, compactação superficial do solo, perda de matéria orgânica, salinização e poluição do solo e perda de nutrientes. O desgaste afetará a produção mundial.

O Brasil entra neste contexto como sendo um dos maiores responsáveis pela produção de alimentos e também pela responsabilidade de preservar seu patrimônio ambiental. Órgãos de pesquisa e instituições vêm desenvolvendo técnicas e produtos que podem auxiliar no aumento da produção de alimentos. O melhoramento genético de plantas talvez seja o grande colaborador para que ocorra o aumento do teto produtivo das culturas. Tecnologias como irrigação, utilização de produtos fitossanitários que combatem enfermidades como plantas invasoras, insetos, fungos, etc., são importantes ferramentas para proporcionar condições favoráveis ao aumento da produção por área plantada. Porém, a maioria dos solos brasileiros encontra-se em estágio avançado

¹ Engenheiro Agrônomo. Mestrando em Produção Vegetal. Universidade Federal de Viçosa *campus* Rio Paranaíba. Rio Paranaíba-MG. E-mail: bg939@hotmail.com

² Engenheiro Agrônomo. Professor de Centro Universitário do Planalto de Araxá. Araxá-MG. E-mail: arejacysilva@uniaraxa.edu.br

de intemperismo, apresentando elevada acidez, baixa disponibilidade de nutrientes e argilas de baixa atividade, que resultam em baixa capacidade de troca de cátions (CTC) (NOVAIS *et al.*, 2007). Essas características favorecem o desenvolvimento de cargas positivas nos coloides, as quais formam compostos de alta energia de ligação com ânions como ocorre com o fósforo (CASAGRANDE *et al.*, 2003).

Além disso, outra dificuldade no aumento da produtividade das culturas, em condições tropicais, é o manejo da fertilidade dos solos, já que estes competem com as culturas por alguns nutrientes, além de apresentarem quantidades elevadas de elementos tóxicos, como é o caso do alumínio, que é grande limitador de produtividade de várias culturas.

Com isso, o presente capítulo vem com o objetivo de demonstrar novas ferramentas que são utilizadas para contornar estes problemas e melhorar as condições para produção das culturas. Serão abordadas técnicas como a rotação de culturas, o emprego do sistema de plantio direto, integração lavoura pecuária, balanço de nutrientes, dentre outros.

Manejo da Fertilidade do Solo

A produção agrícola depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de nutrientes de forma equilibrada durante o ciclo das culturas. Tal fato se agrava, principalmente, em solos tropicais, que têm como mineralogia dominante os óxidos de ferro e alumínio, o que leva a uma baixa CTC e elevada adsorção de fósforo (BRACCINI *et al.* 1999).

O manejo da adubação pode ser realizado com foco para uma cultura ou pode ser direcionado para um sistema de produção. O sistema de produção é uma tecnologia inovadora que visa à adubação do sistema como um todo, em vez de adubar uma única cultura. No entanto, conceitualmente, torna-se necessário simular o ambiente da floresta em equilíbrio, onde há milhões de anos ocorre naturalmente o plantio direto na palha, a diversificação de culturas e a adubação de sistemas de produção, acúmulo de matéria orgânica, justificando assim a abordagem conceitual do sistema produtivo, seus entraves e sua sustentabilidade no Cerrado (ALTMANN, 2012).

Com o passar do tempo percebeu-se que seria necessário empregar um conjunto de técnicas para melhorar um sistema de produção, o principal meio seria o emprego do sistema de plantio direto que

possibilita melhor aproveitamento do solo, tanto em questões econômicas quanto operacionais. Entretanto, antes de se aplicar estas técnicas inovadoras, é necessário construir um sistema de recuperação da fertilidade, buscar o que podemos nomear de um “alicerce bem feito” (FRANCISCO, 2013).

Faz-se necessário efetuar correções das condições químicas e biológicas do solo antes de efetuar o emprego de novas técnicas. Tais correções podem ser realizadas pelo uso adequado da calagem, gessagem, cultivo de plantas tolerantes à acidez do solo, incremento do teor de nutrientes no solo através da adubação química, acúmulo de matéria orgânica, reciclagem de nutrientes por plantas de sistema radicular vigoroso e prevenção da erosão. Tudo isso melhorando as condições para culturas posteriores. A construção de um sistema de produção não se dá do dia para a noite. Requer planejamento e tempo, assim como nossos solos demoraram milhares de anos para serem formados, serão necessários alguns anos até se construir uma melhor fertilidade do solo.

Sistema de Plantio Direto

Os primeiros relatos sobre o sistema de plantio direto (SPD) surgiram nos EUA, em função das tempestades de poeira, o que fez com que Edward H. Faulker escrevesse que “ninguém até hoje ofereceu razão científica para arar o solo” (BARKER *et al.*, 1996). Porém, as justificativas para arar e gradear o solo eram de que nos países de clima temperado, em virtude de o inverno rigoroso, o solo ficava coberto de neve, com temperaturas muito baixas, o que dificultava a decomposição dos restos da cultura anterior e a germinação das sementes. Assim, seu revolvimento e a exposição ao sol criavam condições favoráveis à germinação (SILVA *et al.*, 2009). O mesmo ocorreu nos demais países que foram colonizados por Europeus, que trouxeram a cultura do manejo convencional (aração e gradagem) para o plantio das culturas, aliado, ainda, à falta de alternativas para o controle de plantas daninhas.

No caso do Brasil, a colonização predominantemente europeia no sul do país, com suas tradições e a falta de pesquisa básica transformaram, em poucos anos de exploração irracional, os solos férteis em solos degradados, pela utilização inadequada de técnicas de preparo. Porém, em condições brasileiras as condições edafoclimáticas são sim-

plesmente opostas, ocorrendo desta forma, a exposição do solo à ação de agentes climáticos de uma maneira muito mais intensa e frequente, causando rápida decomposição da matéria orgânica e erosão, culminando em degradação do solo.

As primeiras pesquisas com o SPD nos EUA começaram na década de 50, principalmente em decorrência do surgimento de herbicidas desenvolvidos durante e logo após a Segunda Guerra Mundial, quando o problema de controle de plantas invasoras começou a ser resolvido. No Brasil, o SPD foi iniciado da década de 70, na região Sul. O objetivo principal era reduzir a erosão do solo e minimizar impactos ambientais provenientes do sistema de cultivo convencional, pois o binômio trigo-soja, com uso de fogo para eliminar os restos culturais provocava grandes estragos (SILVA *et al.*, 2009). Após a eliminação das operações de queimada, aração e gradagem e efetuando o plantio direto, houve um grande ganho em produtividade quando comparado com o manejo convencional antes utilizado.

Após a passagem da fase de adaptação e estudo do novo sistema, a adoção pelos produtores, nos Estados do Sul do Brasil, deu-se com muito êxito, pois além do controle da erosão havia grande racionalização de insumos, mão-de-obra, mecanização e energia. A semeadura direta na palha, no terceiro ano após a implantação, já demonstrava ser uma das mais promissoras tecnologias, com a introdução das práticas de cobertura de solo no inverno e a rotação de culturas (ANGHIGNONI, 2007). Dentre as várias culturas utilizadas na região sul, como plantas de cobertura, destacou-se a aveia preta, com boa cobertura de solo, facilitando o controle de plantas daninhas, além de ter sistema radicular profundo, que é importante para melhorar a estrutura do solo (SILVA *et al.*, 2009).

Com o passar do tempo foi observado que houve melhoria em vários atributos do solo, como teor de matéria orgânica, maior agregação do solo, formação de canais por decomposição de raízes, aumento da atividade microbiana do solo, aumento da disponibilidade de nutrientes, redução de perdas de nutrientes por lixiviação e erosão. A melhoria desses atributos favorece características físicas do solo como maior aeração, maior infiltração e retenção de água, redução de erosão, etc.

De acordo com FEBRAPDP (2008), o uso do SPD trouxe muitas mudanças ambientais positivas, como a redução significativa dos níveis de contaminação dos cursos das águas, a estabilidade ecológica nas lavouras, alteração da flora e da fauna, garantindo um equilíbrio entre as espécies benéficas e maléficas ao sistema produtivo, e a eliminação das queimadas. A mesma entidade afirma que o SPD é responsável pela redução de emissões de gases do efeito estufa, do solo para a atmosfera e pela transferência (sequestro) de carbono da atmosfera ao solo, contribuindo para mitigação dos impactos das mudanças climáticas globais, além da proteção dos mananciais e dos reservatórios hídricos. Vários trabalhos têm demonstrado a maior presença de inimigos naturais das pragas e maior atividade microbiana nas áreas de SPD (SANTOS *et al.*, 2005; PEREIRA *et al.*, 2007).

A biomassa microbiana é responsável pelo controle de funções essenciais no solo, como decomposição e acúmulo de matéria orgânica, ou por transformações que envolvem nutrientes minerais ou compostos no solo (SANTOS *et al.*, 2005). O SPD, por apresentar normalmente maior biomassa microbiana, pode proporcionar maior estocagem de nutrientes, possibilitando, também, melhor ciclagem destes ao longo do tempo, criando características mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas. Essa maior estabilidade pode estar relacionada, também, com os fatores abióticos do solo, como o aumento da umidade, o incremento dos teores de matéria orgânica e a diminuição das temperaturas máximas do solo, favorecendo o crescimento das culturas (SALTON; MIELNICZUK, 1995).

Rotação de Culturas no Sistema de Produção

A rotação de culturas desempenha um papel fundamental para o sucesso no sistema de produção em qualquer modelo de manejo do solo. No entanto, é no plantio direto na palha que ela é imprescindível devido à formação de diferentes sistemas radiculares e composição da parte aérea das diferentes plantas, auxiliando na formação de ácidos orgânicos diversos que são liberados na sua decomposição e que auxiliam no restabelecimento do equilíbrio natural do solo (ALTMANN, 2012).

A escolha das culturas comerciais e, ou, adubos verdes cultivados em sequência devem ser criteriosos. Há algumas combinações que não são benéficas e podem causar redução de produtividade, devido à liberação de compostos orgânicos durante a decomposição dos restos culturais, que são denominados substâncias alelopáticas. Como exemplo disso, Carvalho (2012) observou a redução da produção de feijoeiro posterior ao cultivo com tremoço branco. Assim como as culturas utilizadas como adubos verdes podem inibir a germinação de plantas daninhas, podem em alguns casos interferir sobre a germinação e desenvolvimento de culturas comerciais.

O sistema de rotação de culturas deve ser planejado de forma a permitir que a cultura sucessora seja beneficiada pela cultura antecessora, quebrando o ciclo de invasoras, pragas e doenças. Se as culturas antecessoras e sucessoras tiverem problemas potenciais em comum, deve-se intercalar outra cultura que evite a epidemia futura. Um exemplo pode ser o uso de nabo forrageiro, hospedeiro de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), usado como adubo verde antecedendo a cultura da soja (FERRO; LOBO JUNIOR, 2010). Caso contrário, o problema se agrava a cada ciclo de produção. Outro exemplo típico é a sucessão de culturas com soja precoce e milho safrinha, sendo o milho híbrido também suscetível ao nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*). Neste sistema, o nematoide irá se proliferar, causando grandes problemas às culturas implantadas na área.

Entretanto, quando bem executada a rotação, os benefícios são enormes. Leguminosas, em geral, beneficiam o sistema com fornecimento de nitrogênio. Plantas com sistema radicular robusto e profundo podem auxiliar na descompactação do solo em camadas abaixo da superfície e, ainda, reciclar nutrientes, extraíndo-os de camadas mais profundas onde boa parte das culturas convencionais não consegue explorar. Diminuição da população de fitopatógenos, insetos danosos e plantas infestantes, além de propiciar aumento da população de inimigos naturais de vários insetos e agentes causais de doenças. Plantas de famílias e espécies diferentes extraem em geral, nutrientes em proporções diferenciadas, evitando esgotamento de nutrientes no solo. Ocorre elevação do teor de matéria orgânica do solo, permitindo a complexação de elementos tóxicos, formando quelatos (proteínas, enzimas que

envolvem os nutrientes até mesmo elementos tóxicos como alumínio) e melhorando a dinâmica de nutrientes de difícil manejo. E, ainda, a cobertura constante do solo por resíduos de culturas comerciais e adubos verdes, diminui o potencial erosivo, da chuva e do vento, principal causa da diminuição da fertilidade do solo em regiões tropicais.

Adubação Verde

Adubo verde é um termo empregado para designar plantas utilizadas para recuperar e melhorar as características do solo. O adubo verde pode ser utilizado em rotação com culturas, para promover a cobertura viva e morta do terreno, assim como para a produção de fitomassa, ou biomassa vegetal, que compreende toda matéria orgânica que pode ser aproveitada oriunda de adubo verde ou restos de culturas, que poderá ser aproveitado, com diferentes objetivos (PENTEADO, 2007). A utilização de adubos verdes traz grandes vantagens para o solo. Aumenta sua CTC (Capacidade de Troca Catiônica), aumenta a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas, eleva a disponibilidade de fósforo (P) e potássio (K) trocável e o teor de carbono (C) orgânico e magnésio (Mg). Por exemplo, as raízes do guandu produzem ácidos que vão liberar o fósforo fixado em solos tropicais (PENTEADO, 2007). A cobertura vegetal contribui muito para aumentar N, P e K no solo. As leguminosas apresentam-se eficientes no fornecimento de N para o sistema, no entanto deve ser considerado que, como todo material rico em nitrogênio (baixa relação carbono: nitrogênio, possui rápida mineralização, ou seja, sua decomposição ocorre mais rapidamente, assim como a liberação de seus nutrientes para o meio e, dessa forma, proporciona menor proteção física do solo contra intempéries (ARIHARA *et al.*, 1991; CARNEIRO *et al.*, 2004; CARVALHO, 2005).

Além de sua utilização para melhorar a fertilidade do solo com aumento da disponibilidade de nutrientes, outra característica muito desejada pelo agricultor é o controle de doenças principalmente causadas por nematoides. Vários estudos vêm demonstrando a capacidade de algumas plantas em combater nematóides, problema que nos últimos anos vem preocupando produtores de Mato Grosso, Paraná, São Paulo e Minas Gerais: plantas como aveias branca e preta *Crota-*

laria spp. (MORITZ *et al.* 2003), mucunas., Lab lab, guandu, feijão de porco, algumas variedades de milheto, sorgo e também forrageiras como *Brachiaria brizantha* e *B. Decumbens* proporcionam a redução da população de *Meloidogyne javanica* e *incognita* (DIAIS-ARIEIRA *et al.* 2003). Apesar de haver nematicidas à disposição, recomenda-se que seu uso seja sempre associado à implantação de adubos verdes em rotação.

Sistema Integração Lavoura-Pecuária

Alternativa para recuperar a fertilidade do solo, o sistema integração lavoura-pecuária apresenta-se também como tecnologia que proporciona redução da emissão de gases de efeito estufa. Atualmente, o Brasil possui cerca de 30 milhões de hectares de áreas de pastagens que estão em algum estágio de degradação, com baixíssima produtividade para a alimentação animal (MAPA, 2013).

A baixa produção de massa de forragem do pasto degradado se traduz por baixa taxa de lotação e, dessa forma, em baixa rentabilidade (SILVA, 2012). Sem capacidade de investimento por parte do pecuarista nesse caso, a área degradada tende a crescer, agravando ainda mais o problema.

Uma forma economicamente viável para a recuperação de pastos degradados é a utilização da integração lavoura-pecuária. A integração é a chave para a adubação de sistemas de produção, reduzindo as perdas de nutrientes no perfil do solo e melhorando a sanidade das lavouras. Essa técnica consiste no sincronismo entre três ou mais culturas visando à maximização dos resultados e à sustentabilidade do sistema de produção.

A integração lavoura-pecuária iniciou-se com o Sistema Barreirão, desenvolvido pela Embrapa Arroz e Feijão, na década de 1990, que possibilitou a recuperação de diversas áreas de pasto degradado, propiciando ainda, aumento da renda obtida pelo produtor rural (SILVA, 2012). O sistema de integração consagrou-se a partir do Sistema Santa Fé, com o cultivo consorciado de milho e braquiária, especialmente *Brachiaria ruziziensis*, devido a sua facilidade de manejo e de implantação da cultura sucessora (algodão, soja ou feijão). A adoção dessa tecnologia permite a maximização dos recursos da propriedade. A agricultura ajuda a renovar a pastagem com baixo custo, recuperando e corrigindo a fertilidade do solo. A pecuária, por sua vez, atua como

uma safra de inverno, por ser a área utilizada no período de entressafra de grãos, gerando renda extra à empresa rural. Dessa forma, ainda ajuda a restabelecer a sanidade da lavoura pela implantação de uma cultura de cobertura, protegendo o solo e propiciando o reequilíbrio biológico, além de estar incrementando o teor de matéria orgânica.

O sistema de integração pode ser ainda mais dinâmico e completo se o componente florestal for adicionado. Nessa modalidade de integração, faz-se em uma mesma gleba o plantio de uma cultura produtora de grãos, o milho por exemplo, e uma forrageira, uma espécie de capim braquiária por exemplo, entre faixas de árvores, usualmente, eucalipto. De acordo com Silva (2012), quanto mais diversificado e semelhante ao natural for um sistema produção, mais equilibrado e mais sustentável ele será.

Tecnologia em Fertilizantes

Fertilizantes protegidos

Fontes de fertilizantes e formas de aplicação são fatores que podem interferir para o aumento de produção agrícola. O uso de novas tecnologias adicionadas aos fertilizantes pode colaborar para proporcionar benefícios, a exemplo do uso de fontes de fertilizantes protegidos por polímeros que irão liberar os nutrientes de forma gradual, diminuindo perdas por lixiviação, volatilização e fixação. A utilização desses fertilizantes não dispensa os cuidados como época de aplicação, local de aplicação, etc.

Pesquisas demonstram que o uso de fertilizantes revestidos por polímeros podem apresentar uma maior eficiência de recuperação de alguns nutrientes. Carvalho *et al.*, (2013), utilizando superfosfato triplo (ST) e fosfato monoamônio (MAP) revestidos ou não com polímeros, em tomateiro, observaram que quando as fontes foram revestidas com o polímero, houve maior desenvolvimento das plantas. De forma semelhante, Souza (2012), utilizando fosfato monoamônio (MAP) revestido ou não com polímero, em milho, observou que para todas as doses testadas, o uso do MAP revestido com polímero apresentou maior índice de eficiência agrônômica em relação à fonte sem revestimento.

No entanto, Valderrama *et al.* (2009) utilizaram superfosfato triplo (ST) revestido ou não com polímeros e não verificaram diferenças

entre as variáveis avaliadas. Guareschi *et al.* (2011) observaram que a antecipação da adubação fosfatada com utilização de fontes de liberação gradual em soja, conferiu maior produção de matéria seca, número de vagens por planta e produtividade de grãos em relação aos fertilizantes convencionais. De acordo com Malhi *et al.* (2001), o uso de fertilizante fosfatado de liberação gradual poderá resultar em deficiências no início do desenvolvimento de algumas culturas, e essa deficiência pode limitar severamente o seu potencial produtivo. A mistura de fertilizantes convencionais com fertilizantes de liberação lenta, em proporções variadas, conforme o solo e a cultura implantada é uma alternativa para diminuir o risco de deficiência na nutrição inicial de plantas.

É importante salientar que adubos protegidos não devem ser vistos como a alternativa para aumentar a eficiência da adubação em sistemas cujas práticas de manejo dessa adubação sejam incorretas. Para Casarin e Stipp (2013), o uso da fonte mais adequada do nutriente, o momento da aplicação, o local da deposição do fertilizante e a dose utilizada, são fatores estreitamente relacionados ao sucesso da adubação.

A utilização de fertilizantes revestidos com polímeros ainda é um assunto polêmico, portanto é interessante atentar para a necessidade de uso e avaliar a possibilidade de retorno econômico do investimento.

Adubos nitrogenados

Especial atenção deve ser destinada à adubação nitrogenada em função de, em geral, ser o nitrogênio (N) o nutriente aplicado em maior quantidade, seu custo e da baixa eficiência potencial causada pelas perdas antes de ser acessado pelas raízes das plantas.

Seu uso em adubação de cobertura é muito comum devido ao seu poder salino que pode causar danos às culturas recém-implantadas, especialmente quando em contato com sementes ou raízes de mudas recém-plantadas. Assim, o adubo nitrogenado é aplicado em pequena quantidade no plantio e complementado em cobertura.

Em grandes propriedades busca-se rapidez nas operações, justificando a realização da adubação a lanço. Nesse tipo de aplicação de fertilizantes o grânulo do fertilizante nitrogenado fica sujeito à perda por volatilização reduzindo muito a eficiência de recuperação pelas plantas. São relatadas perdas de até 80% em plantio direto quando a fonte de nitrogênio usada é a ureia, aplicada a lanço sobre a palhada (LARA-

-CABEZAS, 1998). A fonte nitrogenada mais utilizada no Brasil hoje é justamente a ureia pelo alto teor de N e preço relativamente menor quando comparado com outras fontes de N.

Entretanto, este problema pode ser reduzido quando é realizada a incorporação da ureia ao solo, aumentando sua eficiência de recuperação em até 95% (PÖTTKER & WIETHÖLTER, 2004; SILVA *et al.* 2005; CIVARDI *et al.*, 2011).

Alternativa que vem sendo estudada é a aplicação da dose total ou parcial de N antes do plantio em sistema de plantio direto. A hipótese para esta antecipação é fornecer N para a microbiota do solo, que no primeiro momento irá utilizá-lo para decompor a palhada causando o processo de imobilização de N. De início, para decompor a palhada, principalmente aquela mais fibrosa, rica em carbono (C) e pobre em N, a imobilização do N pode implicar em deficiência deste nutriente nas plantas, ocorrência que pode ser evitada ou contornada pela aplicação de adubo nitrogenado (CANTARELLA, 2007). Posteriormente, a microbiota irá disponibilizar o N às plantas, processo denominado mineralização ou liberação. Porém, Pöttker & Wiethölter, 2004; Silva *et al.*, 2005) demonstram não haver diferença entre a antecipação e aplicação do N em plantio e cobertura, mas sim quanto à incorporação ou não do N ao solo. Cabe ao técnico buscar a melhor forma de se utilizar o N dentro da realidade de cada propriedade.

Balanco Nutricional

Profissionais envolvidos na recomendação de fertilizantes para as culturas podem ser divididos historicamente em dois grandes grupos: aqueles que sobrevivem sem o uso das tabelas de recomendação utilizando a memorização dos valores por um simples esquema de modelagem aritmética e aquele grupo mais recente que teve nas tabelas parceiros inseparáveis para recomendação de fertilizantes (CANTARUTTI *et al.*, 2007).

Entretanto, devido à busca por grandes produtividades e recomendações mais precisas, foi necessário desenvolver novos métodos para recomendação de fertilizantes. Um dos métodos utilizados é o balanço nutricional, em que é necessária a estruturação das informações para modelar a demanda de nutrientes para determinada produtividade. O balanço entre o que será preciso (demanda nutricional) e o que pode ser disponibilizado (suprimento) pelo solo representa a base de

desenvolvimento do sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes. O cálculo do balanço nutricional irá indicar a necessidade, ou não, da aplicação de corretivos e fertilizantes.

Para realizar o balanço nutricional são considerados diversos fatores que influenciam de alguma maneira na fertilidade do solo como, por exemplo, restos culturais que da cultura anterior, adubações realizadas, suprimento via solo, requerimento da cultura, taxa de recuperação pela planta, eficiência de recuperação da fonte do fertilizante e produtividade esperada.

Esse Sistema é subdividido em dois subsistemas: o subsistema suprimento e o subsistema requerimento. O primeiro contempla basicamente a oferta de nutrientes pela calagem, que pode ser calculada através do método da neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ (ALVAREZ, V.; RIBEIRO, 1999) ou pelo método de saturação por bases (RAIJ *et al.*, 1983), pelo solo e pela decomposição dos resíduos orgânicos. O segundo, o subsistema requerimento, contempla a demanda pela planta, considerando-se a eficiência de recuperação e uma dose de segurança (POSSAMAI, 2003). Ao final, gera-se um balanço nutricional de modo que quando o suprimento é inferior ao requerimento indica a necessidade de aplicação do nutriente.

Além do suprimento via solo, também há suprimento via resíduos orgânicos, considerados através de resíduos de culturas antecessoras à cultura atual. Estudos demonstram valores de produção de matéria seca total por algumas culturas de cobertura e ou de rotação (ZAGO, 1999; SANTOS, 2002; POSSAMAI, 2003). Entretanto, os resíduos vegetais são dependentes da taxa de liberação de nutrientes, que são diretamente dependentes de outros fatores como: climáticos (temperatura, umidade), edáficos (pH, aeração, textura, fertilidade do solo), planta (produção de matéria seca, grau de lignificação do resíduo, composição química, presença de substâncias estimulantes ou alelopáticas) e o manejo (incorporação, corte, dessecante químico, queima) (SANTOS, 2002).

No entanto, em virtude da pequena disponibilidade de dados relativos à taxa de liberação de nutrientes dos resíduos em condições tropicais, serão considerados, neste texto, apenas resíduos produzidos por gramíneas ou leguminosas (Tabela 1). Com os dados de suprimento via solo e suprimento via resíduos orgânicos, pode-se efetuar um somatório e verificar a quantidade de nutrientes que irão entrar no

sistema através destes dois fatores de entrada de nutrientes.

Tabela 1. Taxa de liberação de nutrientes dos nutrientes dos resíduos orgânicos (TL(X)), por ciclo, para gramíneas e leguminosas, em kg kg⁻¹.

Taxa	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
-----Kg kg ⁻¹ -----											
TL (X) _{gramíneas}	0,75	0,60	0,85	0,53	0,47	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
TL (X) _{leguminosas}	0,95	0,80	0,95	0,73	0,67	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Fonte: Adaptado de Sampaio (1993), Oliveira (1999), Santos (2002).

O próximo passo para o cálculo do balanço nutricional é verificar a quantidade de nutrientes requerida pela cultura para atingir determinada produtividade. Para isso, é considerada uma dose de segurança já que pode haver perdas pela fonte do fertilizante e a forma que será aplicado.

O requerimento pela cultura é a quantidade de nutriente requerida para viabilizar uma definida produtividade desejada de grãos; para tanto, é preciso que seja estimada a quantidade de matéria seca e o teor de nutrientes em cada compartimento da planta (raiz, folhas, caules e grãos), determinando-se a demanda da cultura e considerando-a eficiência de recuperação pela planta dos nutrientes aplicados ao solo (POSSAMAI, 2003).

$$R\hat{E}Q(X)_{planta} = D\hat{E}M(X)_{planta} \times \frac{100}{\hat{E}R_{planta}(X)} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que $R\hat{E}Q(X)_{planta}$ = requerimento do nutriente “X” pela cultura para uma definida produtividade, em kg ha⁻¹,

$D\hat{E}M(X)_{planta}$ = quantidade total do nutriente “X” demandada pela planta, em kg ha⁻¹,

$\hat{E}R_{planta}(X)$ = eficiência de recuperação pela planta do nutriente “X” aplicado, em %.

Como a planta não absorve a totalidade dos nutrientes aplicados ao solo, torna-se necessário determinar a eficiência de recuperação (eficiência de absorção) pela planta de cada nutriente: $\hat{E}R_{planta}(X)$ para se chegar a dose necessária. Com a obtenção dos dados, pode-se efetuar

o preenchimento da fórmula para verificar a eficiência de recuperação (Equação 3).

$$\hat{E}R_{planta}(X) = \left(\frac{Q(X)_{fertilizada} - Q(X)_{nãofertilizada}}{Q_{apl.}(X)} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que $\hat{E}R_{planta}(X)$ = eficiência de recuperação pela planta do nutriente “X” aplicado, em %.

$Q(X)_{fertilizada}$ = quantidade do nutriente “X” absorvida pela cultura na parcela fertilizada, em kg ha⁻¹,

$Q(X)_{nãofertilizada}$ = quantidade do nutriente “X” absorvida pela cultura na parcela não fertilizada, em kg ha⁻¹,

$Q_{apl.}(X)$ = quantidade do nutriente “X” aplicada, em kg ha⁻¹.

Para determinar a demanda nutricional da planta de cada órgão, é efetuada a separação de resíduos que ficaram na lavoura após a colheita e o produto que será extraído da área após a colheita. Com o valor de matéria seca destes órgãos e teor de nutrientes de cada órgão é possível realizar o cálculo de demanda nutricional conforme as seguintes equações 4, 5 e 6:

$$D\hat{E}M(X)_{planta} = D\hat{E}M(X)_{produto} + D\hat{E}M(X)_{Residuo} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$D\hat{E}M(X)_{produto} = \frac{\hat{M}S_{gr\tilde{a}os} \times \hat{T}_{gr\tilde{a}os}(X)}{f_2} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$D\hat{E}M(X)_{Residuo} = \frac{\hat{M}S_{folha} \times \hat{T}_{folha}(X) + \hat{M}S_{raiz} \times \hat{T}_{raiz}(X) + \hat{M}S_{colmo} \times \hat{T}_{colmo}(X)}{f_2} \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que $D\hat{E}M(X)_{planta}$ = quantidade total do nutriente “X” demandada pela planta, em kg ha⁻¹,

$D\hat{E}M(X)$ = quantidade total do nutriente “X” demandada pelo produto. Ou, no caso de resíduo, quantidade total do nutriente “X” demandada pelas folhas, raiz e colmos, em kg ha⁻¹,

$\hat{M}S$ = matéria seca em kg ha⁻¹,

\hat{T} = teor do nutriente “X” na matéria seca de grãos, folhas, raiz e colmo, em g kg⁻¹ para macronutriente e mg kg⁻¹ para micronutriente.

f_2 = fator de correção de unidades, para macronutrientes, $f_2 = 10^3$ e para micronutrientes, $f_2 = 10^6$.

A partir destes valores, pode-se efetuar o cálculo da dose de segurança, que é uma medida de segurança e de sustentabilidade, para o sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos, a fim de evitar que ocorra um consumo grande das reservas do solo levando-o a um processo de degradação da fertilidade já construída. A dose de segurança pode ser calculada através da equação 7.

$$R\hat{E}Q(X)_{d.s.} = R\hat{E}Q(X)_{planta} \times \frac{P_{R\hat{E}Q(X)_{planta}}}{100} \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que $R\hat{E}Q(X)_{d.s.}$ = requerimento do nutriente “X” para uma dose de segurança, em kg ha^{-1} ,

$R\hat{E}Q(X)_{planta}$ = requerimento do nutriente “X” pela cultura para uma definida produtividade, em kg ha^{-1} ,

$P_{R\hat{E}Q(X)_{planta}}$ = percentagem do requerimento do nutriente “X” pela cultura destinada à dose de segurança.

Após todos os cálculos preliminares, realiza-se a subtração do requerimento total do nutriente “X” para definida produtividade acrescida da dose de segurança, do suprimento total via solo e resíduos orgânicos. Se o resultado desta subtração for positivo, deve-se efetuar adição do nutriente na quantidade necessária em kg ha^{-1} . Entretanto, faz-se importante atentar que os cálculos todos são realizados com o nutriente puro e, nas formulações de fertilizantes, os teores de nutriente vêm expressos de forma diferente. O fertilizante fosfatado, por exemplo, tem o teor de fósforo expresso na forma de P_2O_5 . Por isso, é necessário efetuar a multiplicação do valor final encontrado no balanço nutricional por 2,29. O mesmo também acontece com potássio (K) que tem seu teor, nos fertilizantes, expresso na forma de K_2O . O valor final de K, encontrado no balanço nutricional, deve ser multiplicado por 1,21. O modelo apresentado é utilizado pelo FERTICALC[®] Algodocairo (POSSAMAI, 2003) desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa.

Santos (2002), comparando o método de balanço nutricional com os métodos atuais representados pelas tabelas de recomendação da 5ª Aproximação em Minas Gerais (Ribeiro *et al.*, 1999) e os métodos recomendados no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Sociedade

Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004), avaliou os métodos em função da recomendação de P_2O_5 kg ha⁻¹ variando a produtividade em diferentes solos. Observa-se que para produtividades menores não houve diferença na recomendação de P_2O_5 , entretanto, quando se elevou a produtividade esperada, as quantidades de P_2O_5 recomendadas, variaram (Tabela 2).

Tabela 2- Doses de fósforo (P_2O_5), recomendadas para a cultura da soja, de acordo com o fator capacidade de fósforo (P remanescente - Prem) do solo e produtividade da soja, estimadas a partir do FERTICALC-soja, da 5ª Aproximação, e do Manual de Recomendações para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina (RS/SC).

Prem	Produtividade	FERTICALC-soja	5ª Aproximação	RS/SC
mg L ⁻¹	kg ha ⁻¹ de grãos	-----kg ha ⁻¹ de P_2O_5 -----		
3	2.500	56	52	46
28	2.500	44	52	52
52	2.500	39	52	57
3	3.000	70	52	46
28	3.000	54	52	52
52	3.000	50	52	57
3	3.500	84	52	46
28	3.500	65	52	52
52	3.500	61	52	57

Fonte: Adaptado de Santos (2003).

Várias culturas já possuem suas versões do FERTICALC: café (PREZOTTI, 2001), cana-de-açúcar (FREIRE, 2001), algodão (POSSAMAI, 2003), milho (CARVALHO *et al.*, 2006), arroz (RAFFAELI, 2000), soja (SANTOS, 2008), tomate (MELLO, 2000), pastagens (SANTOS, 2003), dentre outros.

Análise Foliar como Método de Recomendação de Fertilizantes

O objetivo da análise foliar é realizar um diagnóstico nutricional nas condições a que a cultura é submetida e verificar a ocorrência de desequilíbrio nutricional, permitindo que seja feita a correção no próximo ano de cultivo, caso de culturas de ciclo anual.

Ao submeter plantas a uma “dieta” (condição de fornecimento de nutrientes) é possível verificar sua resposta ao tratamento, detalhadamente, realizando a análise foliar. Com análise química do solo, não se pode tirar conclusões das reais condições que o solo apresenta. O solo é um corpo heterogêneo, é uma entidade inconfiável, a qual possui vários fatores atuando de forma conjunta em um sistema de produção, por exemplo: densidade, umidade do solo, mineralogia, estrutura, pH, elementos tóxicos, presença de metais pesados, teor de matéria orgânica, reações de sorção e precipitação de minerais, fatores biológicos, ácidos orgânicos, fungos fitopatogênicos, pragas, plantas daninhas e assim por diante. Por estes motivos, nada melhor que utilizar a própria planta como indicadora no diagnóstico da lavoura.

Quando realizar análise foliar? Geralmente na grande maioria das culturas há duas fases bem definidas. São elas, as fases e vegetativa e reprodutiva. O estágio vegetativo é o momento em que a planta está em fase crescente de acúmulo de matéria seca e, conseqüentemente, os drenos nas plantas neste momento, são apenas os meristemas apicais. Nessa fase, ocorre grande absorção de nutrientes. Ao final do estágio vegetativo, as culturas, de modo geral, criam novos drenos, como a frutificação. Neste ponto, a maioria das plantas já atingiu ou está próximo ao ponto de atingir seu máximo acúmulo de matéria seca, sendo este, o início da fase reprodutiva, o momento correto para realizar a amostragem de tecidos, antes que as plantas iniciem a drenagem dos nutrientes para os frutos. Então, antes de se iniciar a translocação de carboidratos para os frutos, a amostragem deve ser realizada. Na cultura do milho, a amostragem de folhas deve ser realizada no estágio fenológico R1 (Figura 1) onde o estigma está visível, fase denominada florescimento ou, vulgarmente “embonecamento”. Para essa cultura coleta-se a folha oposta e imediatamente abaixo da boneca (espiga principal em formação).

Para a soja, o momento da amostragem é durante o estágio R1, (figura 2), quando 50% das plantas apresentam o florescimento. A amostragem deve ser realizada coletando-se do terceiro ao quinto trifólio, do ápice para a base na haste principal. De acordo com Maeda et al. (2004), a amostra pode incluir ou excluir o pecíolo, devendo-se atentar para a tabela de referência a ser usada para avaliar os teores obtidos na análise.

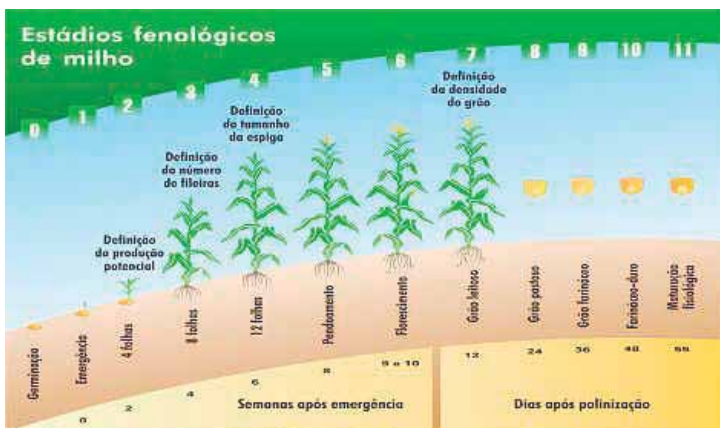


Figura 2- Estádios fenológicos do milho
 Fonte: Fancelli (1986), citado por Vargas et al. (2006)

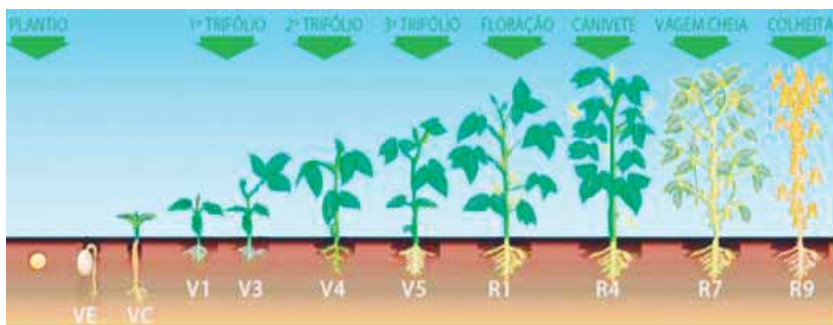


Figura 2- Estádios fenológicos da soja.
 Fonte: Biovigor

É importante coletar folhas fotossinteticamente ativas, evitando coleta em plantas anormais no talhão, folhas doentes devido à incidência de algum patógeno, situação em que pode haver translocação de carboidratos e proteínas para outros órgãos.

Para que a amostragem seja bem realizada deve-se dividir a área em talhões, a partir da divisão deve-se realizar um trajeto em zigue-zague, retirar 20 a 40 amostras de plantas na área, formando uma amostra composta representativa da área amostrada.

Diversas metodologias para a interpretação de resultados de análise foliar têm sido desenvolvidas. Esses métodos baseiam-se na premissa principal de que existe uma relação direta entre a produção das

plantas e o teor dos nutrientes na folha que depende da quantidade de nutrientes fornecidos pelo solo e, ou, pelo fertilizante. Isto é, dentro de limites, há uma relação direta entre o suprimento do nutriente pelo solo e ou, pelo adubo e a concentração do nutriente nas folhas fornecida pela análise química (FONTES, 2011).

A análise química visa determinar o valor da concentração de cada um dos nutrientes essenciais na folha da amostra-problema. A avaliação do valor da concentração do nutriente na folha pode ser feita por diferentes procedimentos ou métodos de interpretação dos resultados da análise foliar (FONTES, 2011). Dentre eles, destacam-se os univariados como: teste de médias; uso da média associada ao respectivo desvio padrão; nível crítico (NC), faixa de suficiência (FS) e desvio do ótimo percentual (DOP) e métodos bivariados como o DRIS e o PASS.

Métodos DOP, DRIS, e PASS.

a) Desvio do ótimo percentual (DOP)

O método, segundo Montanes *et al.* (1991; 1993), é definido como o desvio percentual da concentração de um elemento em relação ao teor ótimo tomado como valor de referência (equação 8):

$$\text{DOP} = [(C \times 100) / \text{CR}] - 100 \quad (\text{Eq. 8})$$

Em que C é a concentração de um dado nutriente na matéria seca na amostra-problema, expressa em %; CR é a concentração ótima do nutriente na matéria seca, em %, para as mesmas condições (cultivar, órgão amostrado, estágio de desenvolvimento da planta, manejo, entre outras).

Para cada nutriente é calculado um índice DOP, obtendo-se a descrição do estado nutricional da planta. A interpretação desses índices é feita da seguinte maneira: o valor absoluto (sem sinal) do índice DOP indica a importância ou severidade da deficiência ou do excesso; índices negativos indicam situação de deficiências, enquanto os positivos indicam excessos.

Apesar de ser um método reconhecido e eficiente, para a cultura da goiaba, o método DRIS proporcionou índice que apresentou maior correlação com a produtividade do que o índice obtido pelo método DOP (DAMIAN-NAVA *et al.*, 2006).

b) DRIS

Baseando-se no princípio da interpretação entre os elementos, o DRIS (Diagnosis and Recommendations Integrated System), um método bivariado de análise, foi proposto por BEAUFILS (1973). A técnica de interpretação do DRIS é baseada nas relações entre nutrientes dois a dois, estabelecendo-se, em ordem decrescente, os nutrientes mais limitantes à produção. Entretanto, é sabido que os elementos na planta ou na folha não existem independentemente do outro, e nem se relacionam apenas dois a dois, havendo um balanço entre eles, complexo e dinâmico.

O método DRIS é baseado na comparação de índices, calculados pelas razões entre as concentrações de pares de nutrientes na amostra, e razões já estabelecidas, chamadas de normas, originadas de plantas altamente produtivas (WALWORTH.; SUMNER, 1987; MALAVOLTA *et al.*, 1997; MOURÃO FILHO, 2004).

As normas DRIS aparentemente são influenciadas por diversos fatores, sendo mais úteis quando desenvolvidas com especificidade local (REIS JR; MONNERAT, 2002).

Normas para diversas culturas têm sido desenvolvidas, como por exemplo, para o tomate em estufa (CARON; PARENT, 1989), tomate industrial (HARTZ *et al.*, 1998), cana (REIS JR; MONNERAT, 2002); banana (SILVA; CARVALHO, 2006), café (PARTELLI *et al.*, 2006; TEIXEIRA *et al.*, 2007), manga (WADT *et al.*, 2007); mamão (ANJANEYULU, 2007).

c) Faixa crítica de suficiência (FCS)

É um método simples e rotineiramente utilizado, método pelo qual são desenvolvidas faixas de suficiência. Os autores mencionam que FCS é a faixa de concentração de nutriente acima da qual há razoável confiança de que a cultura está bem suprida e abaixo da qual está deficiente (FONTES, 2011). São padrões adotados de populações de referência para lavouras de alta produtividade e lavouras de baixa produtividade; é possível comparar os estados nutricionais apenas com a tabela em mãos.

Portanto, FCS é a expansão do valor do nível crítico para mais e para menos, ou ainda podem ser utilizados os valores principais en-

contrados pelo método DRIS, e utilizar o desvio padrão para determinar as faixas críticas de suficiência. Com a faixa de suficiência (FCS) procura-se estender um único ponto ótimo (nível crítico) a uma faixa ótima, porém difícil de ser explicada em termos matemáticos e mesmo de fertilidade do solo, quanto à dose do fertilizante a ser adicionado se estiver deficiente. A premissa de que a determinação de um simples ponto (nível crítico) é difícil de estabelecer permanece verdadeira, deixando de avaliar interações entre nutrientes que podem dificultar a interpretação quando a ênfase e a agricultura de precisão, mas é um método que pode ser utilizado em lavouras pouco tecnificadas nas quais o objetivo não é atingir o teto máximo produtivo.

d) PASS

No final dos anos 1990 foi desenvolvido na Universidade de Wisconsin, o método denominado PASS (Plant Analysis with Standardized Scores) para a interpretação dos resultados da análise foliar (BALDOCK & SCHULTE, 1996). Este método procurou combinar os pontos fortes dos métodos da faixa crítica de suficiência e do DRIS.

De acordo com os autores, o método da faixa de suficiência (FS) proporciona índice não contínuo e independente para cada nutriente, sendo de fácil interpretação. O DRIS apresenta índices difíceis de serem calculados, contínuos, fáceis de serem interpretados e dependentes de relação binária entre os nutrientes. Ainda segundo os autores, os pontos fracos do método de FS são complementados pelos pontos fortes do DRIS e vice-versa, podendo a utilização do PASS resultar em mais acertos na diagnose do que cada um dos dois isoladamente (FONTES, 2011).

Considerações finais

Novas tecnologias não devem ser vistas como substitutas das já existentes, e sim como complementares. A evolução científica possibilita a obtenção de novos patamares de produção e novas ferramentas de mecanização, nutricionais, de manejo, devem ser desenvolvidas para dar suporte ao dinamismo do potencial produtivo das culturas comerciais. As tabelas de referência existentes nos manuais devem continuar sendo utilizadas, mas para se atingir níveis elevados de produção, não previstos no passado, torna-se necessário o acréscimo de novas informações.

As tecnologias apresentadas neste capítulo visam contribuir com o aumento da produtividade agrícola. Entretanto, outras tecnologias devem ser utilizadas conjuntamente, já que, assim como ensina a Lei do Mínimo, o fator ligado à produção que se encontra em deficiência (tecnologia usada inadequadamente, aspectos edafoclimáticos, genética, gerenciamento, etc.) limitará a produção, mesmo que todos os demais se encontrem em níveis adequados.

Cabe aos técnicos e produtores estarem atentos a quais fatores mais interferem na produção de grãos, agir sobre eles com boas práticas de manejo, aliando “novas e velhas” tecnologias .

Referências bibliográficas

ALTMANN, N. Adubação de sistemas integrados de produção em plantio direto: Resultados práticos no cerrado. **Informações agrônomicas**, n. 140, p.1-8, 2012.

ALVAREZ V, V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H., Eds. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. **5ª aproximação**. Viçosa, CFSEMG, 1999. p.43-60.

ANGHINONI, I. **Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; *et al.* (Eds.) Fertilidade do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira da Sociedade do Solo. 2007. p. 873-928.

ANJANEYULU, K. Diagnostic petiole nutrient norms and identification of yield limiting nutrients in papaya (*Carica papaya*) using diagnosis and recommendation integrated system, **Indian Journal of Agricultural Science**, v.77, n.11, p. 711-714. 2007.

ARIHARA, J.; Ae, N.; OKADA, K.; Root development of pigeonpea and chickpea and its significance in different cropping systems. In: JOHANSEN, C; LEE, K; SAHRAWAT, K. L. (Ed). **Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi-arid tropics**. Patancheru: ICRI-SAT, 1991.p. 183 - 194.

BEUFILS, E. R. **Diagnosis and recommendations integrated system (DRIS)**. South Africa: Univ. of Natal. 1973. 132p. (Soil Science Bulletin no 1).

Bioovigor. Disponível em <<http://www.bioovigor.com.br/produtos>> Acesso em 02/08/2013.

BRACCINI, M. C. L.; BRACCINI, A.L.; FOLONI, J. M.; *et al.* Produção de biomassa seca e teor de nutrientes do milho em resposta a dose e localização de osmocote em amostras de Latossolo vermelho-escuro e areia quartzosa. **Acta Scientiarum** 21(3): 497-503, 1999.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: Novais *et al.* (Eds). **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG, 2007. p. 375-470.

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; *et al.* Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.770-845. 2007.

CARNEIRO, R.G.; MENDES, I.C.; LOVATO, P. E.; *et al.* Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 661-669, 2004.

CARON, J.; PARENT, L. E. Derivation and assessment of DRIS norms for greenhouse tomato. **Canadian Journal Plant Science**, v. 69, p.1027-1035. 1989.

CARVALHO, A. M. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo: composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases**. 2005. 199 f. tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

CARVALHO, B. G.; CARVALHO, A. M. X.; AQUINO, L. A.; *et al.* Eficiência de recuperação de fósforo de fontes convencionais ou revestidas com polímeros em tomateiro. In: Pesquisa científica e inovação tecnológica, I simpósio do Mestrado Acadêmico em Agronomia Produção Vegetal, **Anais**. Rio Paranaíba - MG. UFV. 2013.

CARVALHO, B. G. **Efeito rotacionado do feijoeiro com diferentes adubos verdes na região do planalto de Araxá** (Trabalho de conclu-

são de curso). 44p. - Centro Universitario do Planalto de Araxá, Araxá - MG. 2012.

CARVALHO, F. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; *et al.* Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de NPK para cultura do milho. **R. Ceres**, 53:211-223, 2006.

CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A.; *et al.* Adsorção de fosfato e sulfato em solos com cargas elétricas variáveis. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:51-59, 2003.

CASARIN, V.; STIPP, S.R. Manejo 4C. Quatro medidas corretas que levam ao uso eficiente dos fertilizantes. **Informações agrônomicas**, n. 142, p. 14-20, 2013.

CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; RAGAGNIN, V.A.; *et al.* Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n.1, p. 52-59. 2011.

COSTA, A.; ZOCOLLER, D.C.; COSTA, M. A. T. Adsorção de boro em oito solos do paraná e resposta do algodoeiro à adubação borata. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., Campo Grande, 2001. Resumos. Dourados Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 2:1005-1007.

DAMIAN-NAVA, A. *et al.* Dinámica y diagnóstico nutrimental del guayabo em Iguala, Guerrero, México. **Terra Latinoamericana**, v.24, n.1, p.125-132.2006.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; *et al.* Avaliação de gramíneas forrageiras para o controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* (Nematoda). **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá. V. 25, no. 2, p. 473-477, 2003.

FAO. Escassez e degradação dos solos e da água ameaçam segurança alimentar. 2009. <<https://www.fao.org.br/edsaasa.asp>> Acesso em 23/07/2013.

FEBRAPDP - Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (2008) Ponta Grossa, **Boletim Informativo**. Ano 9, n.33, 08p.

FERRO, D. D. X.; LOBO JUNIOR, M. Efeito de espécies utilizadas no sistema plantio direto na região sul sobre o parasitismo e germinação de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Anais do Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão**. Goiânia, 2010.

FONTES, P. C. R. **Nutrição Mineral de Plantas: avaliação e diagnose**. Arka Editora. Viçosa, MG. 2011. 296p.

FRANCISCO, E.; HOOGERHEIDE, H. C. **Manejo de nutrientes para o algodoeiro de alta produtividade**. Piracicaba: IPNI. Informações agronômicas. 2013.

FREIRE, F. J. **Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana-de-açúcar**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 160p. (Tese de Doutorado)

GUARESCHI, R. F.; GAZOLLA, P. R.; PERIN, A.; *et al.* Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestido por polímeros. **Cuenca e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, 2011. p. 643-648.

HAETZ, T. K.; MIYAO, E. M.; VALENCIA, J. G. DRIS evaluation of nutritional status of processing tomato. **HortScience**, v.33, p.830-832.1998.

LARA-CABEZAS, W. A. R. Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de Cerrado. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 1., 1998, Rio verde. **Anais...** Rio Verde: Aldeia Norte, 1998. p. 78-92.

MAEDA, S.; LIMA FILHO, O. F.; FABRICIO, A. C. Análise de amostras de folhas de soja: Com ou sem pecíolo? **Comunicado Técnico 96**. Embrapa. Dourados, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Princípios e aplicações. 2ª edição. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MALHI, S. S.; HADERLEIN, L. K.; PAULY, D. G.; *et al.* Improving fertilizer phosphorus use efficiency. **Better Crops Plant Food**. Norcross: International Plant Nutrition Institute, v. 85, 2001. p. 18-23.

MELLO, M. S. **Sistema de interpretação de análise de solo e de recomendação de calagem e fertilizantes para a cultura de tomate**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 107p. (Tese de Mestrado)

MINISTERIO DA AGRICULTURA PECUARIA E ABASTECIMENTO, MAPA. Recuperação de áreas degradadas. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/recuperacao-areas-degradadas.](http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/recuperacao-areas-degradadas)> Acessado em: 12/07/2013.

MONTANES, L.; HERAS, L.; ABADIA, J.; *et al.* Plant analysis interpretation based on a new index: deviation from optimum percentage (DOP). **Journal Plant Nutrition**, v.16, p.1289-1308.1993.

MONTANES, L.; HERAS, L.; SANZ, M. Desviación del óptimo porcentual (DOP): nuevo índice para la interpretación del análisis vegetal. **Anales de aula Dei**, v.20, n.3-4, p.93-107. 1991.

MORITZ, M. P.; SIMÃO, G.; CARNEIRO, R. G. Reação de Aveia a *Meloidogyne incognita* Raças 1 e 3, e a *M. paranaensis*. **Nematologia Brasileira**. 2003.

MOURÃO FILHO, F. A. A. DRIS: concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. **Scientia Agricola**, v.61, n.5, p.550-560. 2004.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

OLIVEIRA, F. H. T. **Sistema para recomendação de calagem e adubação para a cultura da bananeira**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 78p. (Tese de Doutorado)

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; MONNERAT, P. H.; *et al.* Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no Estado do ES. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.443-451, 2006.

PENTEADO, S. R. **Adubação Verde e Produção de Biomassa - Melhoria e Recuperação dos Solos** - Fraga & Penteado - Livros Via Orgânica - Campinas, SP - 2007 - p. 164 .

PEREIRA, J. L.; PICANÇO, M.C.; SILVA, A. A.; *et al.* Efeito de herbicidas sobre a comunidade de artrópodes do solo do feijoeiro cultivado em sistema de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, 25:61-69. 2007.

POSSAMAI, J. M. **Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para o cultivo do algodoeiro**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 91p. (Tese de Mestrado)

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1015-1020, 2004.

PREZOTTI, L. C. **Sistema para recomendação de corretivos e de fertilizantes para a cultura do Café Arábica**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 104p. (Tese de Doutorado)

RAFFAELI, V. **Sistema de interpretação de análise de solo e de recomendação de nutrientes para arroz irrigado**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 76p. (Tese de Mestrado)

RAIJ, B. van; CAMARGO, A. P.; CANTARELLA, H.; *et al.* **Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem**. *Bragatia*, 42:149-156, 1983.

REIS Jr., R. A.; MONNERAT, P. H. Sugarcane nutritional diagnosis with DRIS norms established in Brazil, South Africa, and the United States. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n.12, p.2831-2851, 2002.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., *et al.* eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 259p.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade em um Podzólico Vermelho-escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19:313-319. 1995.

SANTOS, F. C.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; *et al.* **Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja.** R. Bras. Ci. Solo, 32:1661-1674, 2008.

SANTOS, H. Q. **Sistema para o cálculo do balanço de nutrientes e recomendação de calagem e adubação de pastagem para bovinos de corte.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 138p. (Tese de Doutorado)

SANTOS, J. B.; JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; *et al.* Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, 23:683-691. 2005.

SANZ, M. Evaluation of interpretation of DRIS system during growing season of the peach tree: comparison with DOP method. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.30, p.1025-1036. 1999.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; *et al.* Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**. Viçosa, vol. 56. p. 496-506, 2009.

SILVA, A. A. S. Fertilidade dos solos e produção de alimentos no cerrado. In: SILVA, J. C.; SILVA, A. A. S. **Sustentabilidade Produtiva do Cerrado**. Uberlândia: Composer, 2012. p. 187-203.

SILVA, E. C.; FERREIRA, S. M.; PEREIRA SILVA, G.; *et al.* Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol. 29, 2005, p. 725-733.

SILVA, J. T. A.; CARVALHO, J. G. Estabelecimento de normas DRIS para bananeira prata anã (AAB) sob irrigação. **Ciência Agrotecnologia**, v.30, n.1, p.43-51. 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - NÚCLEO REGIONAL SUL. Comissão química e fertilidade do solo dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

SOUZA, C. H. E. **Fosfato monoamônio revestido com polímeros no plantio das culturas de milho irrigado e cana-de-açúcar.** (Dou-

torado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, 2012. 94p.

TEIXEIRA, L. A. J.; ZAMBROSI, F. C. B.; BETTIOL NETO, J. E. Avaliação do estado nutricional de bananeiras do subgrupo Cavendish no estado de São Paulo: normas DRIS e níveis críticos de nutrientes. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.29, n.3, p.613-620. 2007.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C.M.; ROMAN, E.S. **Manejo de plantas daninhas na cultura do milho**. Documentos online 61. Embrapa, 2006. Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do61.pdf>

WADT, P. G. S. *et al.* Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.1, p.57-64. 2007.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, R.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Advances Soil Science**, v.6, p.149-188. 1987.

ZAGO, C. P. **Forragens conservadas para o período da seca (silagem com pré-secagem)**. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 4., Uberlândia, 1999. Universidade Federal de Uberlândia, 282p. 2000.

ADUBAÇÃO VERDE: USO DE PLANTAS DE COBERTURA NA AGRICULTURA BENEFÍCIOS NA FERTILIDADE E SANIDADE

José Ap. Donizeti Carlos¹

Thayse Souza Lara²

A Adubação Verde é uma prática agrícola milenar, que aumenta a capacidade produtiva do solo. Há décadas, o uso de adubações em busca de melhor produção em lavouras vem sendo utilizado por produtores rurais. Os adubos verdes são uma valiosa fonte de nutrientes que proporcionam à cultura implantada rendimentos em produção e de forma ecologicamente correta, além de melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo.

É uma técnica que recupera os solos degradados pelo cultivo, melhora os solos naturalmente pobres e conserva aqueles que já são produtivos. Consiste no cultivo de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, enriquecendo significativamente os atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

As plantas denominadas “Adubos Verdes” têm características recicladoras, recuperadoras, protetoras, melhoradoras e condicionadoras de solo. Englobam diversas espécies vegetais, porém, a preferência pelas leguminosas está consagrada também por sua capacidade de fixar nitrogênio direto da atmosfera, por simbiose.

A adubação verde permite ainda o aporte de quantidades expressivas de fitomassa, possibilitando uma elevação no teor de matéria orgânica do solo ao longo dos anos, conseqüentemente, obtendo um aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, retendo mais nutrientes junto às partículas do solo, reduzindo perdas por lixiviação.

Ao utilizar plantas que expandem seu sistema radicular para horizontes profundos do solo como adubos verdes, elas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo.

Dentre as propriedades físicas do solo afetadas pelo aumento dos teores de matéria orgânica podemos citar estabilidade de agregados,

¹ Diretor Comercial da Pirai Sementes

² Graduanda do Curso de Agronomia - Uniaraxá

densidade global, porosidade, taxa de infiltração de água e retenção de umidade.

A presença de material orgânico favorece a atividade dos organismos do solo, seus resíduos servem como uma fonte de energia e nutrientes, a manutenção da cobertura vegetal permite redução nas oscilações térmicas e de umidade, criando condições que favorecem o desenvolvimento dos organismos do solo.

Uma maior atividade biológica do solo aumenta a reciclagem de nutrientes, permitindo inclusive o melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados ao solo.

A utilização de adubo verde, através da rotação de cultura, e consorciação de culturas auxilia na manutenção da matéria orgânica proporcionando um melhor aproveitamento de adubos químicos e possibilitando a redução nos custos com adubação nitrogenada mineral, uma vez que propicia aumento da atividade biológica do solo (HERMANI *et al.*, 1995).

A introdução da adubação verde deve ser uma prática previamente planejada dentro da propriedade, considerando as diferentes características das espécies que apresentam potencial para esse fim. Além disso, é recomendável que o produtor tenha em mente que os melhoramentos em seu sistema de produção podem não vir de imediato, pois, como se trata de sistema, é preciso tempo para o processo dar resposta (BARRADA, 2010).

Os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como: a espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, a época de plantio e corte do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais e a interação entre esses fatores (ALCÂNTARA *et al.*, 2000).

Histórico

A adubação verde é uma prática agrícola muito antiga de recuperação de solos, tendo como primeira citação Chia Szu Hsieh, em seu livro “Ts’i Min Yao Shu” (Principais Técnicas para o Bem Estar do Povo), cinco séculos antes de Cristo, e outros registros de dois a três séculos antes de Cristo, nas civilizações grega e romana.

No Brasil, desde o início do século passado, há pesquisas feitas com adubação verde, mostrando seu efeito melhorador. Com o tempo, foram divulgados vários outros trabalhos sobre adubos verdes, comprovando suas vantagens.

Com a chegada dos adubos minerais no final da década de 50 e início da década de 60, a adubação verde sofreu grande desestímulo, porque o produtor se encantou com o efeito visual rápido e a facilidade na aplicação do fertilizante. Porém, o interesse pelos adubos verdes voltou a aumentar devido aos inúmeros problemas gerados pela mecanização da agricultura, como à consequente erosão e rápida degradação dos solos já cultivados, à abertura de novas fronteiras agrícolas com solo de baixa fertilidade, e também, devido à difusão de práticas agroecológicas e do manejo orgânico.

Ultimamente, têm aumentado os esforços dos órgãos de pesquisa e extensão rural no sentido de estimular a prática da diversificação de culturas, envolvendo espécies de adubos verdes.

Benefícios da Adubação Verde

Os benefícios da adubação verde são comprovados na pesquisa e na prática:

1. Aumenta a capacidade de armazenamento de água no solo.
2. Controla nematóides fitoparasitas com espécies não hospedeiras/antagônicas.
3. Descompacta estrutura e areja o solo.
4. Diminui a amplitude da variação térmica diuturna do solo.
5. Fornece nitrogênio fixado diretamente da atmosfera.
6. Intensifica a atividade biológica do solo.
7. Melhora o aproveitamento e eficiência dos adubos e corretivos.
8. Produz fitomassa para cobertura morta.
9. Protege as mudas-plantas contra o vento e radiação solar.
10. Protege o solo contra os agentes da erosão e radiação solar.
11. Cobre o solo com grande quantidade de massa verde em curto espaço de tempo.
12. Recicla os nutrientes lixiviados em profundidade.
13. Recupera os solos degradados.
14. Reduz a infestação de plantas infestantes, incidência de pragas e patógenos nas culturas.
15. Supre o solo com material orgânico.
16. Desintoxica o solo com a mitigação de metais pesados, resíduos de defensivos e excesso de nutrientes, fitorremediação.

17. É matéria-prima para compostagem.
- 18- Contribui para o sequestro de carbono.
- 19- Reduz os teores de alumínio trocável e libera o fósforo fixado.

Escolha da espécie, semeadura e manejo da biomassa dos adubos verdes.

Para um melhor aproveitamento da adubação verde, a escolha da espécie a ser introduzida no sistema tem extrema importância, uma vez que cada uma apresenta características próprias que devem ser consideradas.

Deve-se estar atento ao efeito alelopático da espécie escolhida para a cultura que será plantada em subsequência.

A semeadura dos adubos verdes pode ser realizada em linha ou a lanço. No plantio em linha, a distribuição é mais precisa e gasta menos sementes e no plantio a lanço tem um rendimento maior, mas precisa incorporar as sementes, de forma superficial.

A recomendação de densidade de sementes pode variar de safra para safra, de acordo com seu peso. A época ideal de semeadura, dentro dos meses indicados para adubos verdes, deverá ocorrer quando as chuvas estão se regularizando. Para as espécies de inverno, é importante observar a existência de umidade suficiente no solo. O espaçamento e a densidade de semeadura podem ainda ser alterados conforme a época do plantio e a fertilidade do solo.

É recomendável o manejo da biomassa da forma mais integral possível e sem mobilizar o solo como na operação do rolo-faca, da roçadeira e da dessecação química.

O manejo (corte / incorporação / dessecação) deve ser feito na fase de pleno florescimento, quando o adubo verde apresenta o maior acúmulo de nutrientes.

Quando se trabalha com adubos verdes, almeja-se a melhoria de todo o sistema agrícola; assim, plantios comerciais sequenciais, são cultivados sem que tenha a preocupação com a reposição da matéria orgânica e dos nutrientes do solo. Já é comprovado, que ao passar dos tempos sem o emprego de prática de incorporação de adubos verdes haverá o esgotamento de vários minerais no solo.

Outro fator importante a ser considerado pelos agricultores relaciona-se à rotação de cultura que ajudará na diversificação de espécies plantadas, uma vez que a utilização de uma única espécie vegetal pode trazer os mesmos inconvenientes da monocultura (LARA 2012).

Tabela 1- Recomendações de plantio dos principais adubos verdes:

Nome Comum	Profundidade	Em linha			À lanço		Época de plantio	
		Espaçamento	Sementes	Densidade	Sementes	Densidade	Ideal	Possível
		(cm)	(m)	metro linear	(kg/ha) *2	m ²	(kg/ha) *2	*3
ADUBOS VERDES DE PRIMAVERA - VERÃO								
Calopogônio	2 a 3	0,50	30 a 35	8	70 a 80	10	Out\Nov	Set\Mar
Crotalária-breviflora	2 a 3	0,50	30 a 35	12	75 a 80	15	Out\Nov	Set\Mar
Crotalária-júncea	2 a 3	0,50	22 a 27	25	55 a 60	30	Out\Nov	Set\Mar
Crotalária-ochroleuca	2 a 3	0,50	40 a 45	6	100 a 120	8	Out\Nov	Set\Mar
Crotalária-spectabilis	2 a 3	0,50	30 a 35	12	80 a 85	15	Out\Nov	Set\Mar
Feijão-de-porco	2 a 5	0,50	4 a 5	100	10 a 12	120	Out\Nov	Set\Mar
Guandu-forrageiro	2 a 3	0,50	20 a 25	60	50 a 55	70	Out\Nov	Set\Mar
Guandu-forrageiro (anão)	2 a 3	0,50	20 a 25	35	55 a 60	45	Out\Nov	Set\Mar
Lablab	2 a 3	0,50	10 a 12	50	25 a 30	60	Out\Nov	Set\Mar
Leucena	2 a 3	0,50	15 a 20	25	35 a 40	30	Out\Nov	Set\Mar
Milheto	2 a 3	0,25	50 a 55	12	240 a 250	15	Out\Nov	Set\Mar
Mucuna-anã	2 a 3	0,50	6 a 8	80	14 a 16	100	Out\Nov	Set\Mar
Mucuna-cinza	2 a 3	0,50	3 a 4	70	8 a 10	90	Out\Nov	Set\Mar
Mucuna-preta	2 a 3	0,50	3 a 4	60	8 a 10	80	Out\Nov	Set\Mar
Puerária (Kudzu-tropical)	2 a 3	0,50	30 a 35	10	70 a 80	12	Out\Nov	Set\Mar
Soja-perene	1 a 2	0,50	35 a 40	5	80 a 90	6	Out\Nov	Set\Mar
ADUBOS VERDES DE OUTONO - INVERNO								
Aveia-amarela	2 a 3	0,25	50 a 55	55	240 a 260	65	Abr\Mai	Mar\Jun
Aveia-preta	2 a 3	0,25	60 a 65	55	300 a 320	65	Abr\Mai	Mar\Jun
Nabo-forrageiro	1 a 2	0,25	25 a 30	12	120 a 140	15	Abr\Mai	Mar\Jun
Tremoço-branco	2 a 3	0,50	8 a 10	50	18 a 20	60	Abr\Mai	Mar\Jun

Espécies

As inúmeras espécies de plantas utilizadas como adubos verdes proporcionam efeito residual variável, sugerindo assim que sejam usadas aquelas com maior potencialidade em relação ao aumento da produtividade das culturas econômicas (AITA *et al.*, 2001).

Gramíneas

Algumas espécies de gramíneas têm merecido destaque na adubação verde, pela capacidade de acumular elevadas quantidades de matéria verde mesmo em condições de baixa fertilidade do solo, e por possuir elevado desenvolvimento radicular superficial, favorecendo atividade de microrganismos benéficos ao solo.

A palhada das gramíneas é mais pobre em nitrogênio, sendo assim, sua decomposição mais lenta traz benefícios por maior tempo de cobertura e matéria orgânica no solo.

Leguminosas

As leguminosas são as plantas mais difundidas para a finalidade de adubo verde, pois apresentam capacidade de fixar N_2 atmosférico através da associação de bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, possibilitando a extração de elementos menos solúveis e a mobilização de nutrientes de camadas profundas do solo através de seu sistema radicular mais profundo, disponibilizando os nutrientes à cultura subsequente através de sua decomposição.

Consórcio

Outra forma de utilização dos adubos verdes é a de consórcio entre leguminosas e gramíneas, podendo-se obter uma fitomassa com relação C/N intermediária àquela das espécies em culturas solteiras, nas regiões mais quentes, onde o processo de decomposição da matéria orgânica é mais acelerado. Para uma maior estabilidade da cobertura morta no plantio direto, recomenda-se como plantas de cobertura na rotação o uso de gramíneas ou o consórcio de gramíneas x leguminosas e/ou outras famílias.

Características das Espécies:

Aveia-preta e amarela: Gramínea que apresenta boa reação a doenças e capacidade de rebrota. Diminui a população de nematóides

(gênero *Meloidogyne*). Apresenta efeito supressor e/ou libera substâncias tóxicas a diversas invasoras. É uma planta anual bastante presente na região sul do país, mas também é possível plantá-la mais ao norte (Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul). Normalmente, a aveia é considerada uma planta de clima frio.

Não é muito exigente em relação a solos, mas não tolera solos encharcados ou água estagnada. Pode ser usada como forrageira para os animais. A aveia é considerada um adubo verde de inverno.

Azevém: Gramínea rústica e agressiva que apresenta efeito supressor ou liberador de substâncias tóxicas a diversas invasoras. Possui raízes bem desenvolvidas, promovendo uma boa agregação do solo, diminuindo os riscos de erosão.

Tem boa capacidade de rebrota, inclusive em locais úmidos e é resistente às geadas. Normalmente, apresenta bom desenvolvimento nos diferentes tipos de solos, necessitando apenas de níveis médios de fertilidade. Além do cultivo exclusivo, pode ser consorciada com outras gramíneas, como a aveia e com leguminosas, como a ervilhaca. Pode ser usada como cobertura anual ou perene, sendo também alimento para os animais. É um adubo verde de inverno.

Calopogônio: Leguminosa de verão que apresenta boa capacidade de fixação de nitrogênio. Planta de clima tropical úmido e quente que, quando submetida a uma estação seca longa e severa, poderá morrer, tornando-se uma planta anual. Quando não há estação seca severa, é perene. Não tolera geadas nem sombreamento. Pelo tipo de cobertura do solo que promove, contribui para o controle da erosão, podendo também ser utilizada para proteção de encostas e aterros. Tem crescimento inicial lento, formando uma densa camada após 5 meses. É uma planta que se adapta em solos de banhados e pouco férteis, de textura argilosa ou arenosa. Possui caule rasteiro e longo e tem aptidão forrageira.

Crotalária-breviflora: É uma leguminosa que, devido a seu porte baixo, é utilizada nas entrelinhas das lavouras de café ou pomares. Como má hospedeira de nematoides, contribui para a diminuição da população destes. É um adubo verde de verão.

Crotalária-júncea: Leguminosa de crescimento muito rápido e vigoroso, apresenta um bom controle de plantas invasoras, e também uma boa produção de massa verde e fixação de nitrogênio. Produz fibras e celulose de alta qualidade.

É considerada má hospedeira de nematóides formadores de galhas e cistos, contribuindo para a diminuição da população destes. Desenvolve-se em terrenos de baixa fertilidade. É uma espécie com ampla adaptação às regiões tropicais, não resistindo às geadas. É mais utilizada na rotação e implantação de canaviais. É um adubo verde de verão.

Crotalária-mucronata: Leguminosa agressiva, rústica, com raízes capazes de romper camadas adensadas do solo. Como má hospedeira de nematoides, contribui para a diminuição da população destes. É de clima tropical e subtropical, não suportando geadas fortes. No sul do Brasil tem apresentado bom desenvolvimento nos diferentes tipos de solo. É um adubo verde de verão.

Crotalária-ochroleuca: Leguminosa que se desenvolve em solos quimicamente pobres com baixo teor de matéria orgânica, suportando bem as adversidades de clima e solo. É má hospedeira de nematóides de galha e tem baixo fator de reprodução para os nematóides das lesões radiculares. É um adubo verde de verão.

Crotalária-spectabilis: Leguminosa de clima tropical e subtropical, não suportando geadas. Sugere-se seu emprego como planta armadilha em solos infestados por nematóides formadores de galhas e das lesões radiculares. Devido a seu porte baixo, é utilizada nas entrelinhas das lavouras de culturas perenes, além de poder ser consorciada com milho e outras culturas de ciclo anual. É um adubo verde de verão.

Ervilhaca: Esta leguminosa é uma boa opção para o cultivo de outono / inverno, como adubo verde. Planta de clima temperado e subtropical, não resiste muito a secas prolongadas, nem ao calor excessivo, embora tenha se adaptado a invernos rigorosos e secos. Proporciona boa cobertura do solo, fornecendo eficiente proteção. Pode ser consorciada com aveia e ser utilizada para alimentação animal. É um adubo verde de inverno.

Há duas espécies de ervilhaca: a ervilhaca comum (*Vicia sativa*) e a ervilhaca peluda (*Vicia villosa*). A ervilhaca peluda, apesar de apresentar acentuada adaptabilidade a solos de média fertilidade e de produzir quantidade satisfatória de fitomassa e de nitrogênio, exige períodos frios e apresenta ciclo longo (difícil manejo). Pode favorecer a proliferação de nematoides de galha.

Feijão-de-porco: Leguminosa muito eficiente no controle de tiririca (*Cyperus rotundus*) cobre bem o solo e apresenta efeito supressor e inibidor a diversas invasoras. Resistente à seca e às altas temperaturas. Planta de clima tropical e subtropical, não resistente a geadas. Adapta-se a qualquer solo. Pode ser consorciada com milho, mandioca e plantas frutíferas.

Devido ao hábito de crescimento determinado e porte baixo, pode ser semeada nas entrelinhas das culturas perenes. Possui sistema radicular profundo. É um adubo verde de verão.

Guandu-forrageiro: Leguminosa com sistema radicular robusto penetra em solos compactados e adensados. Produz boa quantidade de massa vegetal. O Guandu-forrageiro é utilizado na recuperação de solos degradados e como barreira na proteção de culturas perenes contra a incidência de ventos.

Cresce bem em solos de clima tropical e subtropical, com bastante resistência à seca, não tolerando umidade excessiva nas raízes. Resiste às estiagens e pode ser usada como forrageira para os animais. É um adubo verde de verão.

Guandu-anão (IAPAR 43): Pode ser consorciada com milho, mandioca e outras culturas anuais, também utilizado nas entrelinhas da cultura do citros. Essa espécie é considerada má hospedeira de nematoides de cistos e das lesões radiculares. Também recicla nutrientes e libera um ácido que libera o fósforo fixado. Serve para alimentação animal e o grão pode ser utilizado na alimentação humana.

Girassol-variedade: Possui desenvolvimento inicial rápido. Libera substâncias tóxicas que impedem o desenvolvimento de plantas invasoras e atua de maneira eficiente na reciclagem de nutrientes. Planta de clima temperado.

Lablab: Leguminosa que se presta muito bem à rotação com a cultura do milho, incrementando a produção de grãos. Planta anual ou bianual, rasteira de hábito indeterminado, de clima tropical e subtropical, não tolerando geadas.

Planta susceptível ao ataque da vaquinha. É recomendada para a recuperação de solos, pois produz boa quantidade de massa vegetal. É utilizada nas entrelinhas dos pomares. Pode ser usada como forrageira consorciada nos pastos ou em capineiras para os animais em pastejo direto ou servido no cocho.

Mucuna-anã: Leguminosa de porte baixo e não trepadora, pode ser recomendada para adubação verde, principalmente em olericultura e nas entrelinhas de frutíferas perenes e cafeeiros.

Mucuna-cinza e Mucuna-preta: Espécies rústicas, pouco exigentes em fertilidade do solo são recomendadas para recuperação de solos degradados. Têm hábito trepador e controlam bem as plantas infestantes. Recomenda-se com o plantio na forma intercalar em culturas anuais ou perenes devido ao seu hábito trepador.

Nabo-forrageiro: Espécie rústica, de rápido crescimento, contribui para a diminuição de plantas invasoras. Não fixa nitrogênio, mas recicla aquele que foi perdido na cultura anterior, bem como outros nutrientes. Apresenta sistema radicular robusto, com grandes tubérculos, que depois de decompostos deixam espaços livres para armazenamento de água e ar. Desenvolve-se em solos relativamente pobres. É um adubo verde de inverno.

Soja-perene: Leguminosa perene que pode ser usada nas entrelinhas de culturas perenes com restrições, pois tem hábito trepador. É uma cultura perene (ressemeadura natural), resistente à seca. Exige solos férteis.

Esta espécie apresenta ampla adaptação às regiões tropicais e subtropicais livres de geadas. Tem aptidão forrageira, podendo ser cultivada de forma exclusiva para banco de proteína ou consorciada com gramíneas forrageiras, capins.

Tremoço-branco: Leguminosa adaptada para regiões com invernos não rigorosos. Apresenta uma elevada capacidade de fixar nitrogênio e também de reciclar outros nutrientes. Excelente opção para rotação com milho. Os grãos podem ser utilizados na alimentação humana. É um adubo verde de inverno.

Tabela 2- Características de diferentes espécies de adubos verdes.

Nome Comum	Massa Verde (t/ha) *5	Massa Seca (t/ha) *5	Altura (m) *5	Hábito de crescimento	Ciclo até o florescimento (dias) *7	Ciclo
ADUBOS VERDES DE PRIMAVERA - VERÃO						
Calopogônio	20 a 30	4 a 5	0,4 a 0,8	Trepadora	120 a 150	Perene
Crotalária-breviflora	15 a 20	3 a 5	0,8 a 1,0	Arbustivo ereto	90 a 100	Anual
Crotalária-júncea	40 a 60	10 a 15	2,0 a 3,0	Arbustivo ereto	90 a 120	Anual
Crotalária-ochroleuca	20 a 30	7 a 10	1,5 a 2,0	Arbustivo ereto	120 a 150	Anual
Crotalária-spectabilis	20 a 30	4 a 6	1,0 a 1,5	Arbustivo ereto	90 a 100	Anual
Feijão-de-porco	20 a 40	3 a 6	0,8 a 1,0	Herbáceo determinado	90 a 100	Anual
Guandu-forageiro	20 a 40	5 a 9	2,0 a 3,0	Arbustivo ereto	150 a 180	Semi-perene
Guandu-forageiro (anão)	20 a 30	4 a 7	1,0 a 1,5	Arbustivo ereto	90 a 120	Anual
Lablab	15 a 30	3 a 6	0,5 a 1,0	Trepadora	120 a 150	Anual
Leucena	20 a 30	6 a 8	2,0 a 3,0	Arbustivo ereto	150 a 180	Semi-perene
Milheto	40 a 50	8 a 10	1,5 a 2,5	Touceira ereto	60 a 80	Anual
Mucuna-anã	10 a 20	2 a 4	0,5 a 1,0	Herbáceo determinado	90 a 120	Anual
Mucuna-cinza	40 a 50	7 a 8	0,5 a 1,0	Trepadora	120 a 150	Anual
Mucuna-preta	40 a 50	7 a 8	0,5 a 1,0	Trepadora	150 a 180	Anual
Puerária (Kudzu-tropical)	20 a 30	4 a 5	0,4 a 0,8	Trepadora	120 a 150	Perene
Soja-perene	20 a 30	4 a 5	0,4 a 0,8	Trepadora	120 a 150	Perene
ADUBOS VERDES DE OUTONO INVERNO						
Aveia-amarela	25 a 50	3 a 6	0,8 a 1,2	Touceira ereto	80 a 100	Anual
Aveia-preta	30 a 60	3 a 6	0,8 a 1,2	Touceira ereto	60 a 80	Anual
Nabo-forageiro	20 a 30	2 a 3	0,5 a 1,5	Herbáceo determinado	60 a 90	Anual
Tremoço-branco	20 a 30	2 a 3	0,8 a 1,2	Arbustivo ereto	120 a 150	Anual

Considerações finais

Quando utilizada juntamente com outras formas de manejo agrícola, a adubação verde auxilia na melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, tornando-a uma forma de aumentar a produtividade, reduzir os custos, recuperar e manter a capacidade produtiva do solo, obtendo, ainda, resultados na preservação do meio ambiente.

Referências bibliográficas

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETA, C. A. *et al.* Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

ALCANTARA, F. A. *et al.* Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisas Agropecuária Brasileiras**. 2000, vol.35, n.2, pp. 277-288. 2000.

BARRADAS, C. A. A. Manual técnico 25. **Adubação Verde**. PROGRAMA RIO RURAL Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento Superintendência de Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro, 2010.

CARLOS, J. A. D.; COSTA, J. A.; COSTA, M. B.; Adubação Verde: do conceito a prática. Piracicaba-SP, ESALQ-Divisão de Biblioteca e documentação, 2006. 32p. (Série Produtor Rural, nº 30).

HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITOL, C.; *et al.* Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul. Dourados: **Embrapa-CPAO**, 1995. 93p.

LARA, T. S.; FRAVET, P. R. E.; SILVA, A. A. S.; *et al.* Influência de Diferentes Adubos Verdes sobre a Cultura do Milho (*Zea mays* L.) em Plantio Subsequente. **XI Mostra de Pesquisa do Uniaraxá**. Araxá - MG, 2012.



Composer
GRÁFICA E EDITORA

Diagramação - Impressão - Acabamento

Av. Segismundo Pereira, 145 - B. Santa Mônica
Uberlândia - MG - Fone: (34) 3236-8611
www.composer.com.br

40
anos



UNIARAXÁ
CENTRO UNIVERSITÁRIO

ISBN 978-85-8324-002-0



9 788583 124002 0

Apoio:



CBMM