

Zoneamento

Oleaginosas para biodiesel requerem estudos agroclimáticos

Gil Miguel de Sousa Câmara, Lília Sichmann Heffig e Paulo Henrique Caramori*



Grãos oleaginosos co-produtos da extração de óleo

Existem no Brasil diversas opções para produção de biocombustíveis com potenciais de exploração comercial, com destaque para as culturas da soja, girasol, amendoim, mamona, canola (colza), nabo forrageiro, babaçu, dendê (palma), tungue e pinhão-manso. A soja já possui

estudos de zoneamento agroclimático e tecnologias básicas definidas para a maioria das regiões brasileiras. Entretanto, faltam ainda, para grande parte das culturas mencionadas, requisitos básicos de cultivo, que requerem experimentação em campo, como testes de genótipos,

calagem, adubação e nutrição, práticas culturais, consumo de água e coeficientes de cultura, graus-dia necessários para se completar o ciclo, controle de doenças e pragas, técnicas de colheita e extração de óleo. O zoneamento agroclimático dessas espécies constitui o primeiro

passo para se identificar as áreas aptas ao cultivo, nas quais deve ser conduzida experimentação objetivando a melhora das condições de produção. A seguir, são detalhados aspectos do cultivo referentes a cada uma dessas leguminosas.

AMENDOIM

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (Fabaceae) é originário de regiões entre as latitudes de 10 e 30° da América do Sul, com provável centro de origem na região do Gran Chaco, incluindo os vales dos Rios Paraná e Paraguai. Nessa região, as precipitações médias anuais são em torno de 1.500 mm, com mais de 1.000 mm concentrados no período de novembro a abril. Tolerante à seca, o sistema radicular profundo da cultura possibilita que explore a umidade do perfil do solo de maneira mais eficiente que outras culturas de verão. Para cumprir seu ciclo, é necessária uma estação quente e úmida, suficiente para permitir a vegetação da planta.

Regiões com estações úmidas prolongadas não são indicadas, pois nessas condições pode haver ataque de fungos e outras doenças, além de prejuízo à colheita e à qualidade do produto. Temperaturas elevadas favorecem a formação

do óleo e encurtam o período vegetativo. O amendoim não é afetado pelo fotoperíodismo. Portanto, somente os fatores térmicos e hídricos são considerados na definição da aptidão da região para a cultura e na determinação da época adequada de semeadura. Os principais requisitos climáticos da cultura são: 1. presença de pelo menos cinco meses com temperaturas médias acima de 21°C; 2. ausência de deficiência hídrica ou de deficiência inferior a 10 mm, nos dois primeiros meses do período vegetativo; 3. redução das precipitações ou presença de deficiência hídrica moderada, nos dois últimos meses do ciclo.

CANOLA

A canola (*Brassica napus* L. var *oleifera*) (Cruciferae) é uma espécie oleaginosa cultivada em diversos países, como China, Índia, Canadá, União Européia e Austrália, em latitudes entre 35 e 55°N. Originária de regiões de clima temperado, adaptou-se bem nos Estados do Rio Grande do Sul e Paraná, sendo bastante tolerante a baixas temperaturas. Recentemente, foi introduzida nos Estados da região Centro-oeste, em latitudes menores, mais quentes e secas, cultivada como “safrinha” na entressafra da soja, milho e algodão.

Apresenta grande potencial para contribuir na expansão do agronegócio brasileiro. Sua expansão nas Regiões Centro-oeste e Sul do Brasil tende a ser facilitada por benefícios indiretos, como a redução de inóculos de doenças causadas por fungos que comprometem a produção e qualidade do trigo e milho, além do fato de não ser hospedeira do nematóide do cisto da soja, contribuindo para a redução de sua população em áreas infectadas. Para uma boa produção, a canola requer solos férteis, bem drenados e sem compactação na profundidade explorada pelas raízes da planta. A produtividade da canola no Brasil depende da região de cultivo, da cultivar e da época de semeadura. No Sul do Brasil, a semeadura se dá no período de entressafra da soja, milho e algodão, ou seja, na “safrinha”.

DENDÊ

O cultivo do dendê ou palma (*Elaeis guineensis* L.) (Palmae) é um importante componente da renda agrícola na Região Norte, principalmente no Estado do Pará, que é o principal produtor de óleo de palma do Brasil. A importância do cultivo do dendezeiro na Amazônia está associada a vários aspectos, incluindo alta produção de óleo vegetal, alta capacidade de fixação de carbono e de proteção do solo contra erosão, importante alternativa para ocupação de áreas desmatadas e grande fonte de emprego e renda. A cultura apresenta ciclo econômico produtivo de 25 anos e, para uma ótima produção agroindustrial, o ideal é que a produção de cachos seja uniformemente distribuída durante o ano. Porém, vários fatores, incluindo o clima, contribuem para a flutuação de rendimento, em termos espacial e temporal. Os fatores climáticos de maior importância para o cultivo são precipitação, insolação e temperatura.

É uma espécie muito exigente em água – precipitação média anual de 1.800 a 2.000 mm, bem distribuída –, requisitando

ACEVO/ABOSSA



Amendoim: temperaturas elevadas favorecem formação de óleo

suprimento hídrico constante para o desenvolvimento e produção. A insolação necessária situa-se em torno de 1.800 h/ano. Quanto à temperatura, as maiores produções são obtidas em regiões com médias anuais entre 25 e 27°C e baixa amplitude térmica, sem ocorrência de temperaturas mínimas inferiores a 19°C por períodos prolongados. Os solos adequados devem ter profundidades efetivas superiores a 90 cm, textura franca ou mais argilosa, estrutura forte ou moderada, permeabilidade moderada, relevo plano ou suave ondulado, não-pedregoso, sem concreções de ferro, alumínio ou manganês e sem camada adensada, consistência muito friável ou firme e regime de umidade elevado.

GIRASSOL

O girassol (*Helianthus annuus* L.) (Asteraceae) é uma das quatro maiores culturas produtoras de óleo vegetal comestível em utilização no mundo. É cultivado com sucesso nos cinco continentes, sendo os maiores produtores mundiais a Rússia, a Argentina e os Estados Unidos. Adapta-se em diversas condições edafoclimáticas, podendo ser cultivada, no Brasil, do Rio Grande do Sul até Roraima. Mas a produção brasileira está mais concentrada na Região Centro-oeste, sendo o Estado de Mato Grosso o maior produtor, seguido por Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo.

O déficit hídrico é a maior causa de variabilidade dos rendimentos de grãos observados de um ano para outro, nas diversas regiões produtoras brasileiras, contribuindo para limitar a obtenção de elevada produtividade. A maior redução de produção ocorre quando a falta de água se dá entre a formação da inflorescência e o início do florescimento (aproximadamente 20 dias anteriores ao florescimento), e no período de enchimento de grãos. O girassol requer temperaturas superiores a 4°C para germinação e de pelo menos 8°C na emergência. Resiste bem a temperaturas baixas, na forma

cotiledonar; porém, após o aparecimento das primeiras folhas, temperaturas muito baixas provocam queimaduras e aborto das flores, com queda na produção final. Desenvolve-se razoavelmente sob temperaturas elevadas, havendo, no entanto, nessas condições, decréscimo nos teores de óleo e de ácido linoléico.

Para um bom crescimento, as temperaturas médias diárias devem variar entre 20 e 25°C. Ventos fortes, principalmente no período de enchimento dos grãos e depois de chuvas prolongadas, provocam quebra de plantas, prejudicando a colheita e a qualidade dos grãos. Embora o girassol seja classificado como espécie insensível ao fotoperíodo, algumas variedades comportam-se como plantas de dia curto e outras como de dia longo. Os solos adequados são aqueles com textura arenosa a argilosa, bem drenados, não requerendo alta fertilidade para produzir satisfatoriamente, porém não suportam acidez ou compactação.

A produtividade varia com as cultivares e épocas de semeadura. Estas são variáveis, dependendo das condições climáticas e do sistema de manejo, mas geralmente a semeadura é realizada nos períodos chuvosos, característicos de cada região brasileira, ou no final do mesmo, como segunda cultura.

MAMONA

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) (Euphorbiaceae) é uma planta rústica e resistente à seca, sendo cultivada comercialmente entre os paralelos 40°N e 40°S. No Brasil, seu cultivo ocorre praticamente em todos os Estados nordestinos. Nos últimos anos, o cultivo da mamoneira sofreu grande expansão, devido principalmente à sua capacidade de adaptação a diferentes condições de solo e clima e ao uso múltiplo do óleo extraído de suas sementes, que possui inúmeras aplicações, tais como fabricação de cosméticos, próteses para ossos humanos, lubrificantes e aditivos de combustíveis, dentre outras. Atualmente, o uso de óleo

de mamona para produção de biodiesel é uma das alternativas brasileiras para redução da importação de petróleo e da emissão de poluentes e gases de “efeito estufa” na atmosfera.

NABO FORRAGEIRO

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) (Cruciferae) é uma das espécies produtoras de óleo mais antigas de que se tem conhecimento, sendo cultivada principalmente na Ásia Oriental e na Europa. Caracteriza-se por possuir maior adaptabilidade do que a canola, a mostarda e outras crucíferas, podendo ser cultivado numa ampla faixa de clima, do tropical ao temperado, com bom desenvolvimento vegetativo. Apesar de a produtividade de grãos ser relativamente baixa, variando de 300 e 450 kg/ha, o nabo forrageiro apresenta a vantagem de não necessitar de tratamentos culturais e não apresentar problemas com pragas e doenças, devido à sua rusticidade (Derpsch e Calegari, 1985).

O nabo forrageiro possui de 30 a 43% de óleo nos grãos. Em experimento conduzido em São Manuel, SP, Sá (2005) observou que o teor médio de óleo extraído do grão do nabo forrageiro foi de 34%, variando de 27 a 42%. Devido às suas características positivas (rusticidade, adaptabilidade e alto teor de óleo nos grãos), o autor concluiu que o nabo forrageiro poderá tornar-se uma boa alternativa para a produção de biocombustível.

PINHÃO-MANSO

O pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) (Euphorbiaceae) tem como centro de origem o México e a América Central; porém apresenta ampla distribuição em diversas partes do mundo. Atualmente, é encontrado em quase todas as regiões intertropicais, estendendo-se sua ocorrência à América Central, Índia e Filipinas. No Brasil, ocorre praticamente em todas as regiões, sempre de forma dispersa, adaptando-se em condições edafoclimáticas as mais variáveis, propagando-se sobretudo

nos Estados do Nordeste, em Goiás e em Minas Gerais. Pode ser cultivado em qualquer tipo de solo e produz tanto em clima seco quanto em clima mais úmido. Pelo fato de ser uma planta perene, suporta períodos prolongados de seca, característica extremamente importante para as áreas com pluviosidades entre 300 e 600 mm, como as encontradas no semi-árido. Embora seja uma planta resistente à seca, sua produtividade é afetada pela distribuição irregular de chuvas ou pela ação prolongada de ventos na época do florescimento.

O pinhão-manso cresce de forma espontânea em solos secos, pedregosos e pouco férteis, em clima desfavorável à maioria das culturas alimentares tradicionais. Apresenta raízes profundas, adaptando-se ao consumo de águas salobras, bastante frequentes em regiões do Nordeste brasileiro. As sementes de pinhão-manso possuem entre 30% e 40% de óleo (Subramanian et al., 2005), sendo capaz de produzir, em média, 1.100 litros de biodiesel por hectare (Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005).

SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) (Fabaceae) tem como centro de origem uma região de clima temperado a leste da China, conhecida como a antiga Manchúria. Com fundamento em criteriosos e eficientes programas de melhoramento genético, atualmente encontra-se cultivada entre as latitudes de 30°N e 30°S, predominantemente em regiões de clima subtropical e tropical. No Brasil, é amplamente cultivada em todo o território nacional, com destaque para os Estados do Paraná (2º maior produtor) e Rio Grande do Sul, na Região Sul; São Paulo e Minas Gerais, na Região Sudeste; Mato Grosso (maior produtor), Mato Grosso do Sul e Goiás na Região Centro-oeste e Bahia, Maranhão e Piauí, na Região Nordeste.

A cultura encontra condições climáticas favoráveis em praticamente todas



ACERVO ABOUSSA

Soja: temperaturas baixas atrasam desenvolvimento vegetativo

as regiões produtoras. Durante os meses de outubro a abril, que compreendem o período normal de cultivo, há boa disponibilidade térmica e hídrica e intensidade luminosa adequada para vegetação e florescimento. As precipitações normalmente decrescem em abril, não prejudicando a maturação das cultivares de ciclo médio e tardio. Já as cultivares predominantes de ciclo precoce e semi-precoce amadurecem durante período relativamente mais quente e úmido. A temperatura exerce influência sobre todas as fases do ciclo vegetativo da planta. A faixa térmica mais apropriada para o desenvolvimento da cultura situa-se entre 600 e 2.400°C, total obtido pela soma diária das temperaturas superiores a 15°C durante todo o ciclo vegetativo.

Considera-se também que uma região não é recomendada para a cultura da soja quando a temperatura média do mês mais quente for menor que 20°C. A faixa de temperatura entre 25 e 30°C é considerada ótima para a emergência das plântulas, a formação de nódulos e o desenvolvimento vegetativo das plantas. De modo geral, temperaturas inferiores a 20°C provocam atraso na emergência e no desenvolvimento vegetativo, além de problemas de absorção de nutrientes, translocação, atividade fotossintética e fixação simbiótica. Por outro lado, acima de 30°C, pode ocorrer principalmente

redução quantitativa devida à menor porcentagem de emergência, efeitos depressivos sobre o crescimento dos internódios, menor formação de nós, menor atividade fotossintética e inibição da nodulação. Esses efeitos acentuam-se quando a temperatura média supera os 35°C e coincide com períodos de deficiência hídrica.

O período reprodutivo – ou seja, florescimento, frutificação e maturação – ocorre sob condições ótimas quando a temperatura está próxima de 25°C, sendo que temperaturas inferiores à ótima provocam atrasos nas diferentes fases, enquanto as elevadas podem promover florescimento precoce, distúrbios na fase de frutificação e aceleração da maturação dos grãos; a consequência final é a redução da produção. Temperaturas elevadas associadas a excessos hídricos durante o período de maturação causam danos severos à qualidade do produto.

A soja é sensível tanto ao excesso como à escassez de umidade, em diferentes etapas de seu ciclo. Cabe ressaltar, porém, que, graças ao desenvolvimento do sistema radicular e ao período prolongado de florescimento, apresenta maior resistência a curtos períodos de estiagem, quando comparada a outras espécies cultivadas. Considera-se que regiões com precipitações médias anuais de 700 a 1.200 mm, com boa distribuição

(500 a 700 mm) durante o ciclo das plantas, são aptas para a cultura. A fase de emergência é uma das etapas críticas em relação à disponibilidade de água; a escassez é extremamente prejudicial, além de, em solos argilosos, ocorrer formação de crostas que dificultam ou impedem a ascensão dos cotilédones e plúmula. O excesso, por sua vez, afeta a difusão do oxigênio e inibe a germinação.

As deficiências de umidade durante o período vegetativo provocam redução da taxa de crescimento, da atividade fotossintética, da fixação de nitrogênio e do metabolismo da planta. Esses efeitos são caracterizados pela menor altura das plantas, menor número de nós e do comprimento dos internódios, além da menor turgescência das folhas. Porém, considera-se que a escassez de umidade é mais prejudicial durante os períodos de florescimento e de frutificação que na fase de vegetação.

A deficiência hídrica durante a etapa de diferenciação dos botões florais promove queda de grande número de flores; essa mesma ocorrência pode ser verificada se a estiagem for seguida por um repentino excesso de chuvas. O período de “enchimento de vagens” é outra etapa crítica quanto à exigência de umidade; a deficiência hídrica reduz severamente a produção final. O período próximo da maturação se caracteriza pela baixa exigência de umidade, sendo favorecido pela ausência de chuvas. O excesso hídrico, todavia, pode causar problemas ao amadurecimento normal dos grãos, proporcionar condições para maior ocorrência de microorganismos e acelerar a deterioração dos grãos, principalmente em cultivares de maturação precoce.


A luminosidade é outro fator de grande importância para o desenvolvimento da soja. A intensidade luminosa está relacionada à atividade fotossintética, à alongação da haste principal e das ramificações, à expansão foliar, à nodulação e outras características da planta. Além da intensidade luminosa, a soja também

é influenciada pelo fotoperiodismo, sendo especialmente sensível à extensão do período de ausência de luz, para a indução da formação de botões florais. É classificada como planta fotoperiódica de dias curtos, florescendo quando o comprimento dos dias é inferior a determinado valor, denominado fotoperíodo crítico (FC).

À medida que uma cultivar é semeada no sentido norte-sul, na mesma época do ano, observa-se uma redução, tanto no desenvolvimento como no ciclo da planta. Daí a necessidade de serem obtidas, por meio de programas de melhoramento genético, cultivares pouco sensíveis ao fotoperíodo, que possam ser utilizadas em regiões de baixas latitudes. A planta de soja é induzida a florescer desde que apresente um nó trifoliado e seja exposta ao fotoperíodo crítico. Portanto, a época de semeadura deve ser tal que proporcione condições para um desenvolvimento vegetativo suficiente para fornecer suporte a uma produção compensadora. Deve-se considerar também que sob temperaturas médias elevadas, pode ocorrer florescimento precoce.

As metodologias utilizadas para realizar o zoneamento agrícola de uma região podem ser divididas em zoneamentos de aptidão e zoneamentos de risco climático. Os zoneamentos de aptidão envolvem a análise do potencial do clima, dos solos e dos fatores sócio-econômicos locais e regionais. Nessa abordagem, o potencial edafoclimático regional é confrontado com as necessidades médias das culturas, definindo-se a aptidão para cultivo, dividida geralmente nas classes apta, marginal e inapta. Atualmente, apenas a cultura da soja dispõe de uma base de dados ampla o suficiente para permitir seu zoneamento agroclimático em todo o território nacional.

Mesmo assim, há muito ainda para definir, principalmente nas chamadas áreas de fronteira agrícola. Analogamente, amendoim, girassol e mamona são culturas que podem ser cultivadas com

sucesso nas mesmas áreas em que a produtividade agrícola da soja se situe acima de 2.500 kg/ha, considerando-se o ciclo produtivo de verão, ou seja, de outubro a abril. Entretanto, do ponto de vista de genótipos comerciais amplamente adaptados, os respectivos programas de melhoramento genético dessas espécies precisam ser incentivados para que, em um futuro não muito distante, a produção nacional de matérias-primas para produção de biodiesel possa atender às demandas nacionais, fundamentada em maior diversidade de espécies e melhor sustentabilidade econômica, ambiental e social. 

* **Gil Miguel de Sousa Câmara** é professor do Departamento de Produção Vegetal da USP ESALQ (gmscamar@esalq.usp.br), **Lília Sichmann Heiffig** é pós-doutoranda do Departamento de Produção Vegetal da USP ESALQ (lsheiffi@esalq.usp.br) e **Paulo Henrique Caramori** é pesquisador do Iapar e bolsista do CNPq (caramori@iapar.br).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. *Guia de plantas para adubação verde de inverno*. Londrina: IAPAR, 1985. 96 p. (IAPAR. Documentos, 9).
- NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA (NAE). *Biocombustíveis*. Brasília: NAE, Secretaria de comunicação de governo e Gestão Estratégica, 2005. 233p. (Cadernos NAE, n. 2).
- SÁ, R. O. *Variabilidade genética entre progênies de meios irmãos de nabo forrageiro (Raphanus sativus L. var. oleiferus) cultivar CATI Al 1000*. 2005. 39 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 2005.
- SUBRAMANIAN, K. A. et al. Utilization of liquid biofuels in automotive diesel engines: an indian perspective. *Biomass and Bioenergy*, v. 29, n. 1, p. 65-72, July, 2005.