

Zoneamento agroclimático: um estudo de caso para o café

*Elza Jacqueline Leite Meireles¹
Margarete Marin Lordelo Volpato²
Helena Maria Ramos Alves³
Tatiana Grossi Chquiloff Vieira⁴*

Resumo - O zoneamento agrícola delimita as áreas com potencial adequado de clima e solo para as culturas, sendo ferramenta fundamental para o planejamento regional. É um processo contínuo que necessita ser atualizado, sempre que estiverem disponíveis materiais ou métodos, para detalhar e ampliar informações, tornando-o cada vez mais próximo da realidade. Ao longo dos anos, várias atualizações foram propostas para a cultura do café, que atualmente contempla os estudos de riscos climáticos, enfocando principalmente os elementos do balanço hídrico, as variações de temperatura do ar e ocorrência de eventos climáticos adversos, empregando sistemas de informação geográfica para a espacialização dos resultados.

Palavras-chave: Cafeicultura. Geoprocessamento. Geotecnologia. Zoneamento climático. Zoneamento agrícola.

INTRODUÇÃO

A agricultura é um dos segmentos mais importantes da economia brasileira e é aquele que mais depende das condições ambientais. O ambiente, basicamente solo e clima, controla o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Conseqüentemente, as condições ambientais devem ser adequadamente avaliadas antes da implantação de uma atividade agrícola. O primeiro passo em qualquer planejamento deve ser a identificação das áreas com alto potencial de produção, isto é, áreas onde o clima e o solo sejam adequados para a cultura.

Com relação ao clima, para se alcançar produtividade econômica, cada cultura

necessita de condições favoráveis durante todo o seu ciclo vegetativo, isto é, exige determinados limites de temperatura nas várias fases do ciclo, de uma quantidade mínima de água e de um período seco nas fases de maturação e colheita. O atendimento dessas exigências é que fará uma determinada região ser considerada apta para uma dada cultura.

É nesse sentido que o zoneamento agrícola constitui uma ferramenta fundamental para o planejamento da agricultura, uma vez que um dos seus principais objetivos é delimitar as regiões com potencial adequado, de clima e de solo, que permita a exploração de uma determinada cultura. O zoneamento permite, por exemplo, determinar a melhor época de se-

meadura para cada município, onde as fases mais críticas da cultura tenham uma probabilidade menor de coincidirem com as adversidades climáticas como escassez ou excesso de água, extremos de temperatura, entre outros. Esse mapeamento baseia-se no levantamento dos fatores edafoclimáticos que definem as aptidões agrícolas. O nível de conhecimento desses fatores no tempo e no espaço determina a precisão com que estes planejamentos poderão ser executados e utilizados.

Ao longo dos anos, vários estudos foram elaborados para realizar o zoneamento agrícola de diferentes regiões. A maioria dos zoneamentos agroclimáticos desenvolvidos nas décadas de 70 e 80, para vários Estados (São Paulo, Rio Grande do

¹Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. Embrapa Café, CEP 70770-901 Brasília-DF. Correio eletrônico: jacqueline.meireles@embrapa.br

²Eng^a Florestal, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: margarete@epamig.ufra.br

³Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. Embrapa Café/EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000, Lavras-MG. Correio eletrônico: helena@ufra.br

⁴Eng^a Agrimensora, M.Sc., Pesq. IMA/EPAMIG-CTSM/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: tatiana@epamig.ufra.br

Sul, Santa Catarina e Minas Gerais) empregou o balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) em combinação com valores médios mensais e anuais de precipitação e temperatura média do ar, obtidos das estações meteorológicas existentes na época. Estes estudos, além de demandarem muito tempo, foram realizados de forma não muito detalhada em termos cartográficos, já que, na época, não existiam ainda sistemas computacionais para cartografia digital ou geoprocessamento.

O Brasil ainda é um País carente de caracterizações detalhadas de seus recursos naturais e é nesta lacuna que as geotecnologias e os sistemas computacionais podem contribuir. As geotecnologias, por meio do sensoriamento remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e modelagens espaciais, quando comparadas à metodologia tradicional, possibilitam a caracterização do meio físico de uma região com maior rapidez e menor custo, uma vez que demandam uma quantidade menor de levantamentos de campo e análises laboratoriais. Dessa forma, a partir da década de 90, os zoneamentos agroclimáticos passaram a ser realizados com o emprego dos SIGs e um maior número de informações climáticas obtidas de uma rede mais densa de estações meteorológicas, do que aquele dos anos 70 e 80. Existem várias aplicações recentes de SIG em agrometeorologia, entre elas a importância desta ferramenta no planejamento agrícola, tanto na escala temporal quanto na espacial, fornecendo subsídios à implantação e ao manejo das atividades agrícolas.

Atualmente, o zoneamento agrícola no País contempla estudos de riscos climáticos para mais de vinte culturas, dentre elas o café. A geração de mapas temáticos, que constituem o zoneamento de riscos climáticos, utiliza métodos que determinam os riscos em base probabilística, enfocando principalmente elementos do balanço hídrico, variações de temperatura do ar, ocorrência de eventos climáticos adversos (chuva, seca), entre outros, empregando SIGs para a espacialização dos resultados.

O zoneamento agroclimático do café é de extrema importância para o planejamento, a gestão do setor cafeeiro, bem como para o desenvolvimento socioeconômico dos Estados produtores brasileiros. Estabelece os indicadores do potencial ambiental das diferentes regiões produtoras, delimitando áreas de padrões homogêneos, para as atividades agrícolas e para a preservação dos recursos naturais, e fornece subsídios para a formulação de políticas públicas voltadas ao estímulo da competitividade e da sustentabilidade do agronegócio café. Este zoneamento deve ser constantemente atualizado, buscando informações mais detalhadas sobre as condições agrícolas e ambientais da cultura cafeeira. Há necessidade, portanto, da criação de um banco de dados mais completo e consistente, bem como da utilização de métodos mais modernos, que se baseiam na geoinformação para o aperfeiçoamento das informações geradas.

É importante observar que, dependendo da escala em que é realizado o zoneamento, podem surgir situações específicas divergentes. Podem ser encontradas áreas inadequadamente enquadradas, em virtude de condições microclimáticas que não são avaliadas por causa do tamanho das grades de interpolação dos parâmetros fitoclimáticos considerados. Dessa forma, dentro de uma zona restrita para uma determinada cultura, poderão ocorrer áreas com microclimas bem enquadrados e vice-versa. O grau de conhecimento desses fatores no tempo e no espaço determina a precisão com que estes zoneamentos poderão ser executados.

Neste trabalho, é apresentado um histórico do zoneamento agrícola no Brasil. Em seguida, dada a sua importância econômica e social para o País, apresenta-se um estudo de caso sobre a evolução do emprego das geotecnologias e sistemas computacionais aplicados ao zoneamento agroclimático para a cultura do café em Minas Gerais, considerado o maior Estado produtor brasileiro.

HISTÓRICO DO ZONEAMENTO AGRÍCOLA NO BRASIL

Os primeiros estudos de zoneamento agrícola no Brasil foram realizados nas décadas de 70 e 80, contemplando várias culturas como café, milho, arroz, batata, cana-de-açúcar, feijão, trigo, fruteiras, dentre outras. A maioria dos zoneamentos agroclimáticos realizados em São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Minas Gerais baseava-se no balanço hídrico de Thornthwaite em combinação com valores médios mensais e anuais de precipitação e temperatura média do ar.

A primeira experiência brasileira para identificar as melhores épocas de plantio, com utilização de ferramentas como a geoestatística ou os Sistemas de Informações Geográficas, foi desenvolvida por Assad et al. (1993), quando foram espacializados os resultados de simulação do balanço hídrico para o arroz de sequeiro. A partir do conhecimento desse trabalho pioneiro de zoneamento de arroz, desenvolvido para a região do Planalto Central, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) decidiu financiar um programa de zoneamento agrícola, utilizando o estado da arte em termos metodológicos, com o objetivo de estabelecer zonas homogêneas com épocas de plantio de menor risco para cada cultura, em nível nacional. Iniciado na safra 1996, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático, divulgado pelo MAPA é um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura, que está sob a responsabilidade da Coordenação-Geral de Zoneamento Agropecuário, subordinada ao Departamento de Gestão de Risco Rural, da Secretaria de Política Agrícola do MAPA (BRASIL, 2007).

As culturas que foram alvo dos primeiros estudos para a regionalização dos riscos climáticos em meados da década de 90 foram: arroz, feijão, milho, sorgo, soja, algodão e maçã.

No início da década atual, foram disponibilizados ao MAPA protocolos que permitiram a atualização das técnicas para

as culturas já contempladas no zoneamento e a regionalização dos riscos para culturas que estavam fora do Programa, como as fruteiras tropicais, fruteiras temperadas e as essências florestais, além do estudo envolvendo sistemas de produção diferenciados e relativamente recentes, como o Sistema de Plantio Direto na palha e os cultivos em épocas secundárias – as safrinhas. A partir da safra 2005/2006, o zoneamento agrícola foi ampliado, contemplando as culturas da banana, café, caju, cevada, mandioca, mamona e uva.

Atualmente, o zoneamento agrícola contempla mais de vinte culturas. São elas: algodão herbáceo, ameixa, amendoim, arroz, banana, cevada, café, caju, dendê, feijão, feijão caupi, girassol, maçã, mamona, mandioca, milho, milho 2ª safra, nectarina, pêra, soja, sorgo, trigo e uva. Além disso, estudos vêm sendo realizados por uma equipe multiinstitucional de pesquisadores visando à inclusão de culturas e sistemas de produção típicos de produtores de base familiar, culturas energéticas e Sistemas Integração Lavoura-Pecuária, na base do atual zoneamento agrícola vigente no País.

Diferentemente de outros zoneamentos existentes, que foram elaborados a partir dos conceitos de potencialidade e aptidão, para o zoneamento de risco climático, além das variáveis analisadas (solo, clima e planta), aplicam-se funções matemáticas e estatísticas (frequencistas e probabilísticas) com o objetivo de quantificar o risco de perdas das lavouras, em virtude da ocorrência de eventos climáticos adversos, principalmente a seca. Com isso, identifica-se, para cada município, a melhor época de plantio das culturas nos diferentes tipos de solo e ciclo das cultivares (BRASIL, 2007). Esse trabalho é revisado anualmente pela equipe de pesquisadores que constitui o projeto de Zoneamento de Riscos Climáticos no Brasil. A confiabilidade da regionalização é proporcional à extensão da série histórica de dados meteorológicos, à coerência na seleção das variáveis de entrada nos modelos de simulação e à densidade e boa

distribuição geográfica da rede de dados, fundamentais para a obtenção de interpolações de boa qualidade.

O zoneamento de risco climático no Brasil vem sendo gradativamente ampliado e utilizado em larga escala, consolidando-se como ferramenta técnico-científica de auxílio à gestão de riscos climáticos na agricultura. Entretanto, é imprescindível que os estudos de riscos climáticos tenham continuidade, buscando o aperfeiçoamento das atuais recomendações em face de mudanças no cenário agrícola brasileiro e da inclusão de outras regiões, culturas e sistemas de produção.

O atual zoneamento é alimentado pela rede de dados meteorológicos disponíveis no Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo). Este sistema tem-se mostrado eficiente para reunir, tratar e disponibilizar automaticamente grande quantidade de dados meteorológicos, de produção agrícola e também, os resultados operacionais do zoneamento. Além disso, utiliza o geoprocessamento para a espacialização dos dados meteorológicos e/ou resultados.

UM ESTUDO DE CASO: ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO CAFÉ

A espécie *Coffea arabica* L. é originária de áreas tropicais da Etiópia localizadas entre 6º e 9º Norte de latitude, em altitudes que variam entre 1.600 e 2.000 m. A temperatura média anual nessa região é de 18°C a 20°C (mínima de 4°C a 5°C e máxima de 30°C a 31°C) e a precipitação anual é de 1.500 a 1.800 mm. A estação chuvosa é concentrada no verão, de março a outubro, com ocorrência de inverno seco de novembro a fevereiro (CAMARGO; PEREIRA, 1994).

No Brasil, toda a cafeicultura está situada em áreas com latitudes superiores a 4º, encontrando-se fenologicamente em condições tropicais, não equatoriais. Apresenta um ciclo fenológico bem definido: florescimento na primavera, frutificação no verão, maturação no outono e colheita no inverno.

Os trabalhos de zoneamento da cultura do café no Brasil foram desenvolvidos considerando-se aspectos macroclimáticos e a análise dos fatores térmico e hídrico. Na década de 70, o Instituto Brasileiro do Café (IBC) instituiu o chamado Zoneamento do Café Arábica a Pleno Sol no Brasil, uma ferramenta pela qual eram financiados novos plantios da cultura, mas apenas em áreas consideradas climaticamente aptas, não considerando o tipo de solo disponível. A partir daí, surgiram as primeiras cartas de zoneamento climático para todos os Estados cafeicultores do País, as quais foram publicadas por Ortolani et al. (1972).

Por meio dos Planos de Renovação e Revigoração dos Cafezais, o IBC, a partir de 1970, empenhou-se decisivamente na expansão e racionalização do Parque Cafeeiro Nacional, empregando zoneamentos regionais de aptidão macroclimática para a cafeicultura. Os mapeamentos da aptidão e para uso no Programa foram feitos para cada Estado da federação com áreas aptas à cafeicultura, com base nas Cartas do Brasil ao Milionésimo, editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Assim, a fronteira da cafeicultura expandiu-se para regiões onde não havia a tradição de cultivo, como nos estados do Ceará, Pernambuco e Rondônia (CAMARGO, 1977).

Os primeiros zoneamentos para o café, além de lentos, foram realizados de forma não muito detalhada em termos cartográficos, uma vez que, na época, não existiam ainda os sistemas computacionais para cartografia digital ou geoprocessamento. Especificamente nessa área, poucos trabalhos foram desenvolvidos, destacando-se os de Camargo e Franco (1981) e Pinto et al. (1983).

Combinando as exigências térmicas e hídricas do cafeeiro, Camargo (1974) apresentou um mapa de zoneamento climático da cultura do café no Brasil. Posteriormente, Camargo (1977) apresentou o zoneamento da aptidão climática para a cafeicultura em todo o País, conforme mostra a Figura 1. Nesse mapeamento, este autor

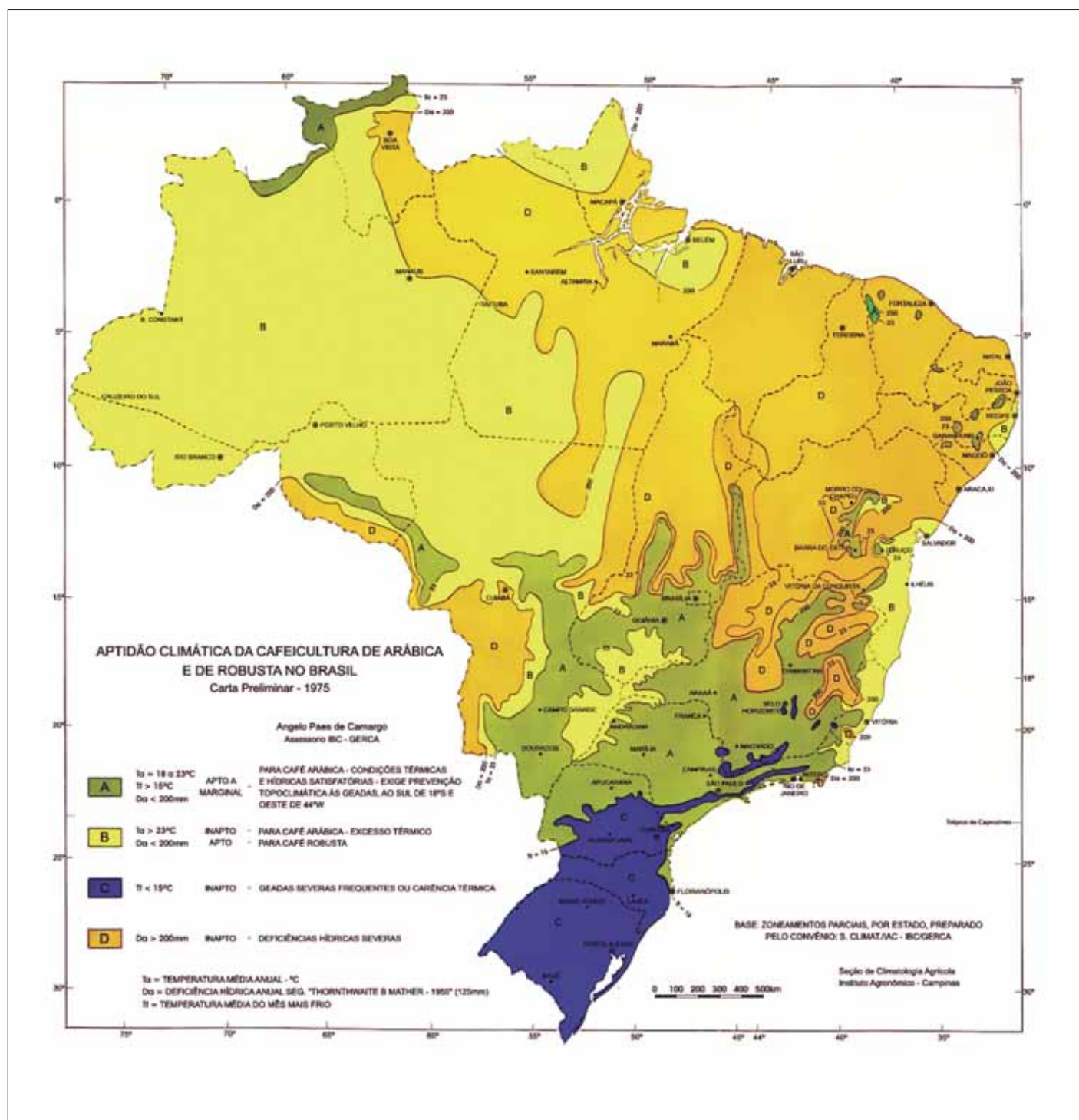


Figura 1 - Zoneamento da aptidão climática da cafeicultura de Arábica e de Robusta no Brasil
FONTE: Camargo (1977).

estabeleceu faixas térmicas para o cultivo do café Arábica, indicando uma área inapta com temperaturas médias anuais superiores a 23°C e inferiores a 17°C , uma área marginal com temperaturas de 22°C a 23°C e uma área apta com temperaturas

médias anuais de 18°C a 22°C . No caso do cultivo de café Robusta, as faixas térmicas definidas por Camargo (1977) foram: área inapta com temperaturas médias anuais inferiores a 22°C , área marginal com temperaturas entre 22°C e 23°C e área apta com

temperaturas médias anuais superiores a 23°C .

Analisando as necessidades hídricas do cafeeiro e os balanços hídricos de diversas regiões de cultivo, Camargo (1977) também estabeleceu os limites para o cul-

tivo de 'Arábica' e 'Robusta', com base no déficit hídrico anual, segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), para a capacidade de água disponível no solo igual a 125 mm, definindo como áreas aptas para o cultivo sem irrigação aquelas com deficiência hídrica anual inferior a 150 mm e inaptas, com déficit hídrico anual superior a 200 mm, uma vez que as duas espécies têm exigências hídricas muito semelhantes.

De maneira geral, pode-se observar na Figura 1, que as Regiões Central e Sudeste apresentaram aptidão para o café Arábica e a Região Norte, para o 'Robusta'. A Região Nordeste apresentou inaptidão por deficiência hídrica e a Região Sul, inaptidão por alta incidência de geadas e insuficiência térmica para as duas espécies de café. Camargo (1977) ainda ressaltou que, muitas vezes, os elementos meteorológicos disponíveis não são suficientes para o preparo de um mapeamento climático aceitável, sendo necessária a utilização de outros indicadores, como tipo de vegetação natural; estado da cafeicultura existente; tradição cafeeira, entre outros.

Camargo (1977) destacou que este zoneamento agroclimático para a cafeicultura refere-se ao aspecto macroclimático. Uma faixa mapeada como apta macroclimaticamente poderá apresentar situações locais, topoclimáticas, desfavoráveis que as tornem marginal ou mesmo inapta à cultura. Também não se refere à aptidão ecológica. Uma área poderá atender aos parâmetros macro e topoclimáticos, mas apresentar restrições quanto ao solo e mostrar-se ecologicamente inapta à cafeicultura.

Com o passar dos anos, a incorporação de séries climatológicas mais longas, modernos sistemas computacionais e de geoprocessamento permitiram o desenvolvimento de outros estudos de zoneamento agroclimático para o café, realizados para Minas Gerais (MINAS GERAIS, 1980; SEDIYAMA et al., 2001ab), sudoeste da Bahia e Goiás (ASSAD et al., 2001), bem como os zoneamentos de riscos climáticos para a cafeicultura no Paraná (CARAMORI

et al., 2001) e em São Paulo (PINTO et al., 2001). Além desses exemplos, cita-se também o zoneamento agroclimático para a cultura dos cafés Conillon e Arábica, na Bacia do Rio Itapemirim, no Espírito Santo, desenvolvido por Santos (1999).

Atualmente, Minas Gerais é o maior Estado produtor de café no País, e na safra 2006/2007 foi responsável por cerca de 51,7% da produção nacional de grãos de café, o que correspondeu a 21.987 mil sacas de café beneficiado (CONAB, 2006). Dada a importância da cultura cafeeira em Minas Gerais, um breve relato é feito sobre o avanço do zoneamento agroclimático do café neste Estado.

No Zoneamento Agroclimático do Estado de Minas Gerais, realizado na década de 80, pela Secretaria de Estado de Agricultura (MINAS GERAIS, 1980), a carta de aptidão agrícola para a cultura do café traz o mapeamento das faixas com as diferentes limitações e possibilidades climáticas para esta cultura (Fig. 2). Para a sua execução foram ajustadas as exigências da cultura com a carta climática básica e apre-

sentadas três classes de aptidão, com as seguintes características:

- apta: quando a região apresenta condições térmicas e hídricas favoráveis à exploração da cafeicultura;
- restrita: quando a região apresenta, sob o ponto de vista climático, restrição térmica ou hídrica. Num faixa assim mapeada, a cultura poderá, eventualmente, encontrar aptidão, desde que os fatores de restrição sejam controlados;
- inapta: quando as características do clima não são adequadas à exploração comercial da cultura, em razão das limitações graves dos fatores térmicos e hídricos.

Alguns anos mais tarde, Sediya et al. (2001ab), utilizando um banco de dados meteorológicos mais completo e um Sistema de Informações Geográficas, realizaram o zoneamento agroclimático do cafeeiro Arábica para Minas Gerais (Fig. 3). Os elementos climáticos utilizados para de-

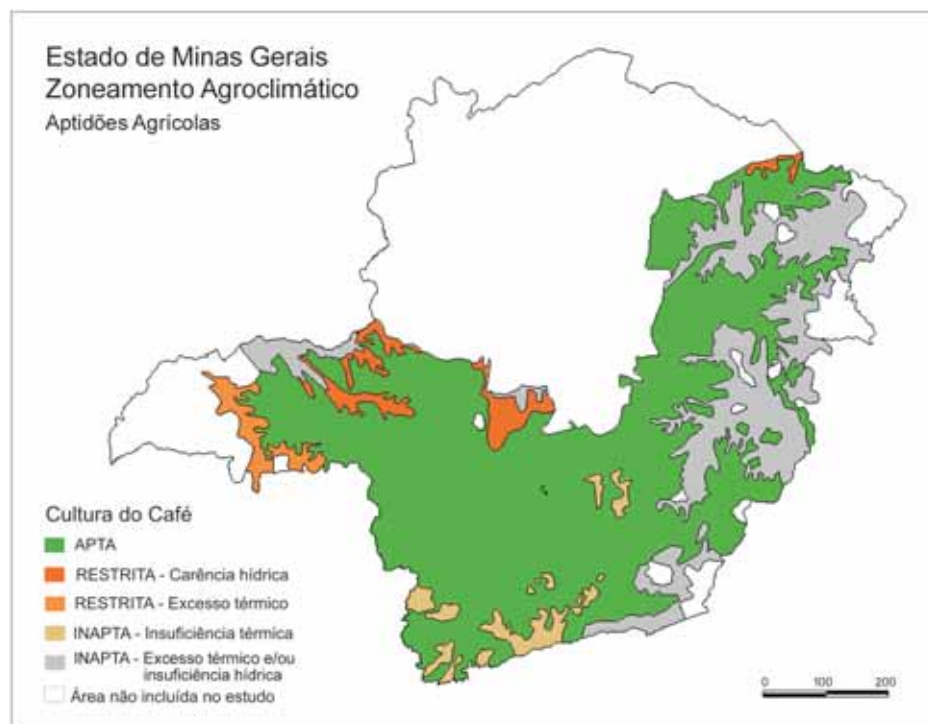


Figura 2 - Mapa de aptidão agrícola para a cultura do café em Minas Gerais
 FONTE: Minas Gerais (1980).

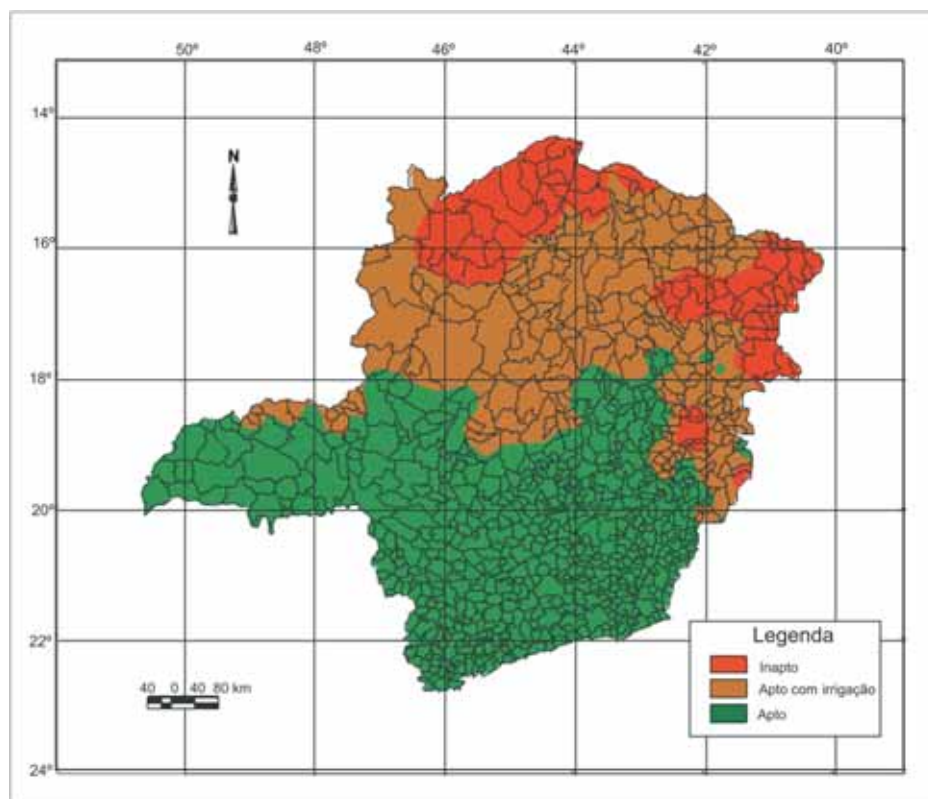


Figura 3 - Zoneamento climático da cultura do café (*Coffea arabica* L.) no estado de Minas Gerais - 2001

FONTE: Sediya et al. (2001b).

terminar a aptidão foram a faixa de temperatura média anual entre 18°C e 23,5°C, temperaturas mínimas críticas iguais ou inferiores a 2°C em abrigo termométrico, ao nível de 30% de probabilidade, para os meses de maio a julho, e a deficiência hídrica anual para a capacidade de água disponível (CAD) no solo de 125 mm. Os mapas temáticos foram construídos pelo SIG “ArcView 3.2” e constaram de duas etapas principais. Na primeira etapa, foi elaborado um banco de dados contendo os valores calculados do balanço hídrico; os valores das temperaturas médias anuais normais e as probabilidades de ocorrência de temperaturas inferiores ou iguais a 2°C. Na segunda etapa, com a digitalização dos mapas “vetor/raster” do Estado (escala 1:250.000, projeção “Equal-Area Albers”, meridiano de referência 45,45° oeste e latitude de referência 18,57° sul), passou-se ao enquadramento das regiões aptas e inaptas, por meio do cruzamento dos mapas de temperatura média anual e deficiência

hídrica anual. Posteriormente à determinação das regiões aptas e inaptas, obteve-se, como produto final, o Zoneamento Agroclimático para o Cafeeiro no Estado de Minas Gerais (SEDIYAMA et al., 2001ab).

Diferentemente do primeiro zoneamento do cafeeiro proposto nos anos oitenta, Sediya et al. (2001b) propuseram a definição de um banco de dados mais consistente e de maior abrangência geográfica para o Estado. A utilização de dados georreferenciados proporcionou maior segurança no delineamento dos limites climáticos, sendo um passo de grande importância neste novo trabalho. Outros estudos foram desenvolvidos para Minas Gerais, a partir do zoneamento realizado por Sediya et al. (2001ab). Evangelista et al. (2002) utilizaram recursos computacionais na espacialização de dados de temperatura e deficiência hídrica e analisaram o grau de correspondência entre o zoneamento agroclimático e o potencial

produtivo da cultura nas diversas regiões do Estado. Segundo estes autores, as características agroclimáticas das diversas regiões influenciam diferentemente na produtividade final da cultura do café e a utilização de SIGs propicia uma avaliação mais satisfatória destas relações. Os resultados obtidos pelo estudo evidenciaram que o zoneamento foi eficiente na delimitação das regiões homogêneas quanto à capacidade produtiva da cultura no Estado.

Outra geotecnologia que poderá auxiliar no detalhamento e atualização dos zoneamentos agrícolas é o sensoriamento remoto. Estudos realizados com imagens de satélites meteorológicos, atualmente utilizadas para o monitoramento do clima global e regional, podem associar informações das imagens a variáveis terrestres visando o conhecimento e/ou detalhamento do clima em locais onde não existem estações meteorológicas. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de Caramori et al. (2007), que observaram correspondência entre as temperaturas de superfície obtidas dos dados do satélite NOAA/AVHRR e as temperaturas mínimas de estações meteorológicas terrestres. A grande vantagem das imagens de satélites meteorológicos é que estas possuem informações a cada 1,21 km², enquanto as estações meteorológicas localizam-se até 50 a 100 km de distância uma da outra.

Sediya et al. (2001ab) sugerem que os fatores pedológicos e topográficos devem ser considerados na delimitação da cultura, dentro dos campos climáticos homogêneos, porque podem alterar a aptidão climática. Segundo esses autores, os cafezais devem situar-se na face norte ou na poente ou em pontos intermediários, restringindo ao mínimo nas encostas de exposição sul. Nas zonas sujeitas ao fenômeno das geadas de radiação, devem ser evitados os vales de difícil circulação de ar. O relevo também é importante na instalação de novos cafezais, quando se consideram aspectos relacionados com a mecanização e a con-

servação do solo. A textura média é a mais favorável, não sendo recomendados solos com teor de argila menor que 20%. Para solos com textura muito argilosa, requer-se uma estrutura e porosidade favorável à cultura. Estes fatores são também determinantes no cálculo da capacidade de armazenamento de água, que, por sua vez, influenciam no cálculo do balanço hídrico do zoneamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O zoneamento agroclimático faz parte de um processo contínuo, que necessita ser atualizado sempre que estiverem disponíveis materiais ou métodos para detalhar e ampliar informações, tornando-o cada vez mais próximo da realidade. O estágio atual de conhecimentos e a disponibilidade de melhores bases de dados possibilitam a realização de estudos mais detalhados, visando delimitar as áreas com condições ótimas para o café (CARAMORI et al., 2001).

Algumas recomendações podem ser citadas para o aprimoramento dos zoneamentos agroclimáticos existentes, principalmente para a cultura do café:

- a) o ajuste do método de estimativa da evapotranspiração feita pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), substituindo-o pelo de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998), no cálculo do balanço hídrico, propiciará resultados mais precisos que o atual método utilizado no zoneamento;
- b) a utilização de modelos digitais de elevação que permitam o refinamento das estimativas de parâmetros climáticos e a avaliação de microclimas poderá melhorar a resolução espacial dos estudos de zoneamento da cafeicultura mineira;
- c) o emprego de mapas da distribuição do potencial de radiação solar, obtidos por meio de modelos computacionais que efetuam o cálculo do balanço de energia incidente em áreas cafeiras em função das dife-

rentes inclinações e direções do terreno, constitui fonte promissora de informação para o zoneamento da cafeicultura, visando a melhor utilização de áreas agrícolas com relação à radiação solar e outros recursos naturais;

- d) a ampliação da base de dados meteorológicos e a inclusão de outras variáveis georreferenciadas (como relevo e solos, modelados por sistemas de informação geográfica), ao modelo de zoneamento climático da cultura do café, propiciarão o refinamento e a melhoria da precisão e qualidade deste produto, especialmente em regiões com grande variabilidade ambiental;
- e) modelos geomorfopedológicos e características de solos, incorporados por meio de representações computacionais, podem ser usados no detalhamento dos mapas de solos regionais e geração de informações pedológicas para áreas ainda não mapeadas. A melhor representação de mapas de solo permitirá a incorporação de parâmetros de solos aos cálculos do balanço hídrico, propiciando uma avaliação mais próxima da realidade;
- f) o emprego de técnicas de processamento de imagens de satélite multiespectrais e multitemporais para o detalhamento dos estudos climáticos e do solo.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO. Irrigation and Drainage. Paper 56).

ASSAD, E.D.; EVANGELISTA, B.A.; SILVA, F.A. M. da; CUNHA, S.A.R. da; ALVES, E.R.; LOPES, T.S. de S.; PINTO, H.S.; ZULLO JÚNIOR, J. Zoneamento agroclimático de café (*Coffea arabica* L.) no estado de Goiás e

sudoeste do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.510-518, 2001. Número especial.

_____; SANO, E. E.; BEZERRA, H. da S.; SILVA, S. C. da; LOBATO, E. J. V. Uso de modelos numéricos de terreno na espacialização de épocas de plantio. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993. cap.10, p.231-248.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento agrícola**. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/portal>>. Acesso em: 30 jul. 2007.

CAMARGO, A.P. de. Clima. In: MATIELLO, J.B.; ABREU, R.G.; ANDRADE, I.P.R. (Coord.). **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: IBC, 1974. p.20-35.

_____. Zoneamento de aptidão climática para a cafeicultura de arábica e de robusta no Brasil. In: IBGE. **Recursos naturais, meio ambiente e poluição: contribuição de um ciclo de debates**. Rio de Janeiro, 1977. v.1, p.68-76.

_____; FRANCO, C.M. Clima e fenologia do cafeeiro. In: INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro, 1981. p.1-62.

_____; PEREIRA, A.R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneva: World Meteorological Organization, 1994. 96p. (World Meteorological Organization. CAgM Report, 58).

CARAMORI, P.H.; CAVIGLIONE, J.H.; WREGE, M.S.; GONÇALVES, S.L.; FARIA, R.T. de; ANDROCIO FILHO, A.; SERA, T.; CHAVES, J.C.D.; KOGUSHI, M.S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de café (*Coffea arabica* L.) no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.486-494, 2001. Número Especial.

_____; ESQUERDO, J.C.D.M.; ZULLO JÚNIOR, J.; PINTO, H.S.; ASSAD, E. D. Análise da ocorrência de geadas no estado do Paraná

com base na temperatura de superfície obtida dos dados AVHRR/NOAA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p.5623-5629.

CONAB. **1º levantamento da safra de café 2007/2008**. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3BoletimCafe.pdf>>. Acesso em: dez. 2006.

EVANGELISTA, A.W.P.; CARVALHO, L.G. de; SEDIYAMA, G.C. Zoneamento climático associado ao potencial produtivo da cultura do café no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.445-452, set./dez. 2002.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado da Agricultura. Cultura do café. In: _____. **Zoneamento agroclimático de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1980. Disponível em: <<http://www.geominas.mg.gov.br/>>. Acesso em: 30 jul. 2007.

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, A.P. de; PINTO,

H.S.; ALFONSI, R.R.; PEDRO JÚNIOR, M.J. Zoneamento do café arábica a pleno sol no Brasil por viabilidade climática. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Relatório da Seção de Climatologia Agrícola: 1971-72**. Campinas, 1972. 72p.

PINTO, H.S.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, M.B.P. de. Avaliação de efeitos causados por geadas à agricultura paulista através do uso de cartografia computadorizada. In: CONGRESSO NACIONAL DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, 1., 1983, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SUCESU; SEI; ANDEI; ABICOMP, 1983. p.274-279.

_____; ZULLO JÚNIOR, J.; ASSAD, E.D.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R.; CORAL, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.495-500, 2001. Número especial.

SANTOS, A.R. dos. **Zoneamento agroclimático para a cultura do café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.)**,

na bacia do Rio Itapemirim, ES. 1999. 59p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

SEDIYAMA, G.C.; MELO JÚNIOR, J.C.F. de; SANTOS, A.R. dos; RIBEIRO, A.; COSTA, M.H.; HAMAKAWA, P.J.; COSTA, J.M.N. da; COSTA, L.C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.501-509, 2001a. Número especial.

_____; _____. _____. _____. _____. HAMAKAWA, P.J.; COSTA, L.C.; COSTA, J.M.N. da; COSTA, M.H.; Zoneamento climático da cultura do café (*Coffea arabica* L.) no estado de Minas Gerais. In: _____. _____. _____. _____. _____. **Zoneamento climático da cultura do café**. Brasília, CBP&D-Café, 2001b. 1 CD-ROM.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, New Jersey: C.W. Thornthwaite & Associates, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v.8, n.1).

MUDAS DE OLIVEIRA

**Garantia de procedência,
mudas padronizadas,
qualidade comprovada
e variedade identificada**



Pedidos e informações:
EPAMIG - Fazenda Experimental de Maria da Fé
CEP: 37517-000 - Maria da Fé - MG
e-mail: femf@epamig.br - Tel: (35) 3662-1227



EPAMIG