

ISSN 0104-1347

# Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais

## Climatological zoning for arabic coffee (*Coffea arabica* L.) in the state of Minas Gerais, Brazil

Gilberto Chohaku Sedyama<sup>1,2,3</sup>, Júlio César Ferreira de Melo Junior<sup>4</sup>, Alexandre Rosa dos Santos<sup>5</sup>, Aristides Ribeiro<sup>1</sup>, Marcos Heil Costa<sup>1</sup>, Paulo José Hamakawa<sup>1</sup>, José Maria Nogueira da Costa<sup>1,3</sup> e Luiz Cláudio Costa<sup>1</sup>

**Resumo** - Com o objetivo de determinar a aptidão agrícola para o cultivo do café arábica (*Coffea arabica* L.) em Minas Gerais (MG), foi realizado o zoneamento agroclimático do estado. Os elementos climáticos utilizados para determinar a aptidão foram a faixa de temperatura média anual, 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 CAD de 125 mm. Este estudo mostra que as áreas consideradas aptas para o desenvolvimento do café arábica correspondem a 48,7% da área total de MG. As áreas consideradas aptas, caso sejam irrigadas, e as inaptas correspondem a 36,2% e a 15,1% da área do estado, respectivamente. As ocorrências de temperaturas críticas, para as probabilidades iguais ou superiores a 30%, abrangem 1,2% da área total do estado.

**Palavras-chave:** cafeeiro, áreas homogêneas, elementos climáticos, zoneamento agrícola, Brasil.

**Abstract** - A climatological zoning was elaborated to determine the suitable areas for growing Arabic coffee (*Coffea arabica* L.) in the state of Minas Gerais, Brazil. The climate elements used were: (1) the annual mean temperature; (2) 30% or higher probability of occurrence of minimum air temperatures below 2°C from May to July, and (3) the annual soil moisture deficit, calculated for a soil water storage capacity of 125 mm. The areas climatically suitable cover 48.7% of the state of Minas Gerais. The areas suitable but requesting irrigation cover 36.2% of the state area, while the areas climatically unsuitable for this crop cover 15.1% of the state. In only 1.2% of the state area there is probability higher than 30% that the air temperature reaches below 2°C.

**Key words:** coffee tree, homogeneous area, climatic elements, agricultural zoning, Brazil.

### Introdução

O zoneamento climático do cafeeiro é de extrema importância, tanto na implantação quanto no planejamento de atividades agrícolas, porque a delimitação das regiões, climaticamente, ho-

mogêneas significa, não só estabelecer os indicadores do potencial do meio físico e biológico para a região em estudo, mas também registrar e delimitar as áreas de padrões homogêneos de atividades agrícolas e dos recursos naturais nela existentes.

<sup>1</sup> Professor da Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Departamento de Engenharia Agrícola, CEP 36571-000 Viçosa, MG.

<sup>2</sup> Autor para correspondência: sediyama@ufv.br

<sup>3</sup> Bolsista do CNPq-PQ.

<sup>4</sup> Estudante do curso de Doutorado em Engenharia Agrícola da UFV, Viçosa, MG.

<sup>5</sup> Professor do Centro Agropecuário (CAUFES), Universidade Federal do Espírito Santo, CEP 29500-000 Alegre, ES.

O zoneamento agrícola de uma região deve ser, constantemente, atualizado visando obter maiores informações sobre as condições climáticas das culturas selecionadas e, sobretudo, proporcionar maior retorno dos investimentos a médio e a longo prazos para os produtores. Há necessidade, portanto, de aquisição e criação de bancos de dados mais completos e consistentes, bem como a utilização de métodos mais modernos e sofisticados no delineamento dos limites climáticos para o atendimento à adaptabilidade de novas variedades.

Temperaturas iguais ou superiores a 34°C podem favorecer o abortamento floral dos cafeeiros e a formação de “estrelinhas”, diminuindo, consideravelmente, a produtividade. Temperaturas iguais ou inferiores a 2°C implicam na formação de geadas de radiação e, por outro lado, as encostas de face Sul e Sudoeste podem estar sob influência de ventos moderados a fortes, com temperaturas baixas, ocasionando sintomas típicos de “crestamento” foliar no período de inverno (CAMARGO *et al.*, 1974).

No Brasil, muitas regiões produtoras de café estão localizadas nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro e Espírito Santo, onde ocorrem mais de 150 mm de chuva, por mês, nas fases de florescimento, formação e maturação dos frutos, compreendidas nos meses de outubro a março, que corresponde ao período de renovação de ramos e de folhas. De acordo com MATIELLO (1991), no período de vegetação e frutificação, que vai de outubro a maio, o cafeeiro exige maior disponibilidade de água e, na fase de colheita e repouso, de junho a setembro, a exigência é menor, podendo haver pequena deficiência hídrica sem grandes prejuízos para a planta. Além disso, os períodos curtos de seca parecem ser importantes para o crescimento das raízes, maturação dos ramos formados na estação chuvosa precedente e, principalmente, para a diferenciação floral e maturação dos frutos.

MATIELLO (1991) afirma também que chuvas anuais de 1.200 mm podem ser consideradas adequadas ao bom desenvolvimento do café arábica. Quando a deficiência hídrica (Da) for inferior a 150 mm, isto é, deficiências hídricas pequenas, porém, com temperaturas médias (Ta) superiores a 23°C, estas faixas são consideradas inap-

tas, devido à ocorrência de altas temperaturas, que restringem a frutificação, resultando numa baixa produtividade.

Os solos mais adequados ao cultivo do cafeeiro são os profundos, porosos e bem drenados, com uma estrutura granular de tamanho médio e moderadamente desenvolvida. A textura mais favorável é a média, não sendo recomendados solos com teor de argila menor que 20% e, quando muito argilosa, apresentar estrutura e porosidade favorável à cultura.

O relevo também é importante na instalação de novos cafezais, principalmente, com vistas à mecanização e à conservação do solo. Deve-se situar o cafezal na face norte ou na poente ou ainda em pontos intermediários, restringindo ao mínimo as encostas de exposição sul, tendo em vista os ventos frios característicos do Sul do país. Nas zonas sujeitas ao fenômeno das geadas de radiação, devem ser evitados os vales de difícil circulação de ar.

Os fatores topográficos também deverão ser considerados na delimitação da cultura, dentro dos campos climáticos homogêneos, alterando possivelmente os níveis de adaptabilidade climática.

É importante observar que dentro de uma zona restrita para a cultura poderão ocorrer áreas com microclimas bem enquadrados para o cafeeiro, por localizarem-se numa área com maior probabilidade de ocorrência de condições ótimas para a cultura. Por outro lado, poderão ser encontradas áreas com tendência a serem, inadequadamente, enquadradas, em virtude das condições microclimáticas não serem definidas pelo tamanho da grade de interpolação das variáveis fitoclimáticas adotadas.

Este estudo teve como objetivo estabelecer o zoneamento agroclimático para a cultura cafeeira no estado de Minas Gerais por meio de mapas temáticos. Para isso, foram seguidos os seguintes passos:

a) determinação das temperaturas médias anuais na faixa de 18 a 23,5°C, que representam a faixa aceitável de temperatura média para o cafeeiro; b) estimativa do déficit hídrico anual de 150 mm, que discrimina áreas homogêneas de regiões impróprias para a cultura do cafeeiro por deficiên-

cia hídrica e representá-las por meio de mapas temáticos; e c) cálculo das probabilidades de ocorrências de temperaturas iguais ou inferiores a 2°C no estado de Minas Gerais e representação por meio de mapas temáticos.

## Material e métodos

Os dados climáticos do estado de Minas Gerais e das regiões limítrofes dos estados circunvizinhos, obtidos das normais climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET/MAPA, 1992) e da precipitação diária da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 1999), foram, inicialmente, avaliados quanto à sua qualidade e consistência.

Após a avaliação dos dados obtidos, elaborou-se o banco de dados para todas as estações do estado de Minas Gerais e demais estações limítrofes. Para a elaboração desse banco de dados, utilizaram-se as normais de temperaturas médias mensais e os totais de precipitações médias mensais, bem como dados de precipitação diária da ANEEL (1999).

Nos mapeamentos de campos homogêneos das temperaturas médias do ar para os locais desprovidos de dados de temperatura, especialmente, com referência às estações pluviométricas da ANEEL (1999), foram utilizadas as equações lineares desenvolvidas por SEDIYAMA & MELO Jr. (1998), conforme Tabela 1, cujas variáveis envolveram os fatores geográficos, para tornarem possíveis os traçados das delimitações de áreas homogêneas de temperaturas, uma vez que as cartas temáticas tinham como base de dados o mesmo sistema de georreferenciamento.

Nos mapeamentos de campos homogêneos dos elementos do clima, a utilização de modelos lineares, cujas variáveis envolvem os fatores geográficos que facilitam, em muito, as definições das regiões limítrofes desses cam-

pos e, além disso, a representatividade dos campos fica mais próxima da realidade, principalmente, quando as cartas temáticas têm por base de dados o mesmo sistema de georreferenciamento.

Nos zoneamentos de aptidão agroclimática da cultura do cafeeiros, por exemplo, as informações sobre as condições térmicas regionais são elementos imprescindíveis. A escassez de uma rede densa de coleta de dados meteorológicos limita, muitas vezes, os estudos, suficientemente detalhados dos tipos climáticos de grande parte do território mineiro e, principalmente, do território brasileiro (ASSAD et al., 2001).

Os mapas de regionalização das informações das temperaturas médias mensais, conhecendo-se as equações que representam as normais mensais e anual, possibilitaram analisar a abrangência geográfica dos campos homogêneos, materializando os valores de temperatura em forma de mapas georreferenciados. A construção desses mapas serviu para a interpolação e definição dos limites das regiões de temperatura climaticamente homogêneas.

Depois da elaboração do banco de dados, iniciou-se o cálculo do balanço hídrico seriado segundo THORNTHWAITE & MATHER (1955), para todas as estações climatológicas disponíveis. Tomou-se o valor de 125 mm para a capacidade de água disponível (CAD) no solo, para todo o esta-

**Tabela 1.** Equações de regressões ajustadas para o modelo  $Y_i$  (temperaturas médias normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para o estado de Minas Gerais.

| Mes <sup>1</sup> |   | $a_0$ | $a_1$     | $a_2$   | $a_3$  | $R^2$ |
|------------------|---|-------|-----------|---------|--------|-------|
| Y1               | = | 27,72 | -0,005806 | -0,1638 | 0,0594 | 0,91  |
| Y2               | = | 26,93 | -0,005915 | -0,1366 | 0,0720 | 0,86  |
| Y3               | = | 28,72 | -0,006038 | -0,2872 | 0,0931 | 0,91  |
| Y4               | = | 28,10 | -0,005699 | -0,4370 | 0,1345 | 0,90  |
| Y5               | = | 33,13 | -0,004670 | -0,6588 | 0,0621 | 0,79  |
| Y6               | = | 29,81 | -0,005127 | -0,6378 | 0,0977 | 0,87  |
| Y7               | = | 28,30 | -0,005384 | -0,6783 | 0,1452 | 0,88  |
| Y8               | = | 22,18 | -0,005361 | -0,6818 | 0,3213 | 0,88  |
| Y9               | = | 22,14 | -0,005501 | -0,7198 | 0,3732 | 0,88  |
| Y10              | = | 22,99 | -0,005619 | -0,5654 | 0,3139 | 0,90  |
| Y11              | = | 23,55 | -0,005590 | -0,4048 | 0,2371 | 0,87  |
| Y12              | = | 24,75 | -0,005427 | -0,2718 | 0,1538 | 0,83  |
| Y13              | = | 26,62 | -0,005511 | -0,4695 | 0,1695 | 0,92  |

<sup>1</sup> Y1, ... , Y12 e Y13 - Temperaturas médias normais mensais calculadas, respectivamente, de janeiro a dezembro e média anual.

do, conforme recomendações oriundas da reunião do grupo de pesquisadores realizada, no IAC em Campinas, SP, no dia 12 de abril de 2000.

O valor da evapotranspiração potencial climático mensal, em mm, foi estimado pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955), inicialmente, calculando-se a evapotranspiração potencial mensal não corrigida, isto é, para dias de 12 horas e mês padrão de trinta dias e, em seguida, multiplicando-se pelo fator de correção, que depende da latitude e dos meses do ano.

Para a determinação das probabilidades de ocorrência de temperaturas inferiores a 2°C, utilizou-se a distribuição de valores extremos anuais de “24 horas” tipo Gumbel. A distribuição Gumbel, também conhecida como distribuição de eventos extremos, é uma distribuição de probabilidades proposta, inicialmente, por Fisher & Tippett, sendo aplicada para eventos extremos de 24 horas de séries anuais, especialmente, para dados de chuvas diárias máximas anuais. Portanto, aqui adaptado para temperaturas extremas inferiores a 2°C.

Para estudar os valores máximos prováveis de um fenômeno, a série anual que contém os valores máximos observados em cada ano, é ordenada em sentido decrescente, que é o caso das precipitações, temperaturas extremas e vazões máximas. Por outro lado, se o interesse é estudar os valores mínimos prováveis de um fenômeno, a série deverá conter os valores mínimos de cada ano ordenados em sentido crescente, como é o caso das temperaturas mínimas anuais.

A função de probabilidade referente aos valores extremos tem a seguinte forma:

$$P = \text{Exp}[-\text{Exp}(-Y)]$$

sendo P, a probabilidade de que o valor extremo seja inferior a um certo valor  $X_T$ , isto é, um valor X de período de retorno T, e,  $(1 - P)$ , a probabilidade de que o valor extremo seja igual ou superior a  $X_T$ .

A variável Y é a variável reduzida ou padronizada e o seu valor é deduzido tomando duas vezes o logaritmo neperiano da função de probabilidade, isto é:

$$Y = -\text{LnLn}\left(\frac{1}{P}\right)$$

Empregando-se esta distribuição, as frequências teóricas podem ser calculadas a partir da média e do desvio padrão da série de valores máximos.

Desta forma:

$$X_T = X + S_x K \text{ e } K = \frac{Y - \bar{Y}_n}{S_n}$$

em que,  $X_T$  é o valor extremo com período de retorno T,  $\bar{X}$  a média dos valores extremos;  $S_x$  o desvio padrão dos valores extremos; n o número de valores extremos da série;

$$Y = -\text{LnLn}\left(\frac{1}{P}\right)$$

a variável reduzida ou padronizada;  $\bar{Y}_n$  a média da variável reduzida com n valores extremos; e  $S_n$  o desvio padrão da variável reduzida ou padronizada.

A variável reduzida, Y, é obtida a partir de:

$$Y = -\text{LnLn}\left(\frac{1}{P}\right), \text{ em que, } P = \frac{m}{(n+1)} \text{ e,}$$

m = 1, 2, 3, ..., n; e n = número de observações. Quando n é muito grande, tem-se:

$$\bar{Y}_n = 0,5772 \text{ e } S_n = 1,2826.$$

Os mapas temáticos foram construídos pelo SIG “ArcView 3.2”, que constaram de duas etapas principais. Na primeira etapa, foi elaborado um banco de dados contendo os valores calculados do balanço hídrico, para a CAD de 125 mm; os valores das temperaturas médias anuais normais e, as probabilidades de ocorrências de temperaturas inferiores ou iguais à 2°C.

Na segunda etapa, com a elaboração (digitalização) dos mapas “vetor/raster” do estado de Minas Gerais, escala de 1:250.000, projeção “Equal-Area Albers”, meridiano de referência -

45,45° e latitude de referência -18,57°, passou-se ao enquadramento das regiões aptas e inaptas, por meio do cruzamento, executado nos mapas “raster”, de temperatura média anual e deficiência hídrica anual, para a CAD de 125 mm. O mapa temático de elevação de terreno foi obtido dos arquivos da USGS, e o quadrante, referente ao estado de Minas Gerais.

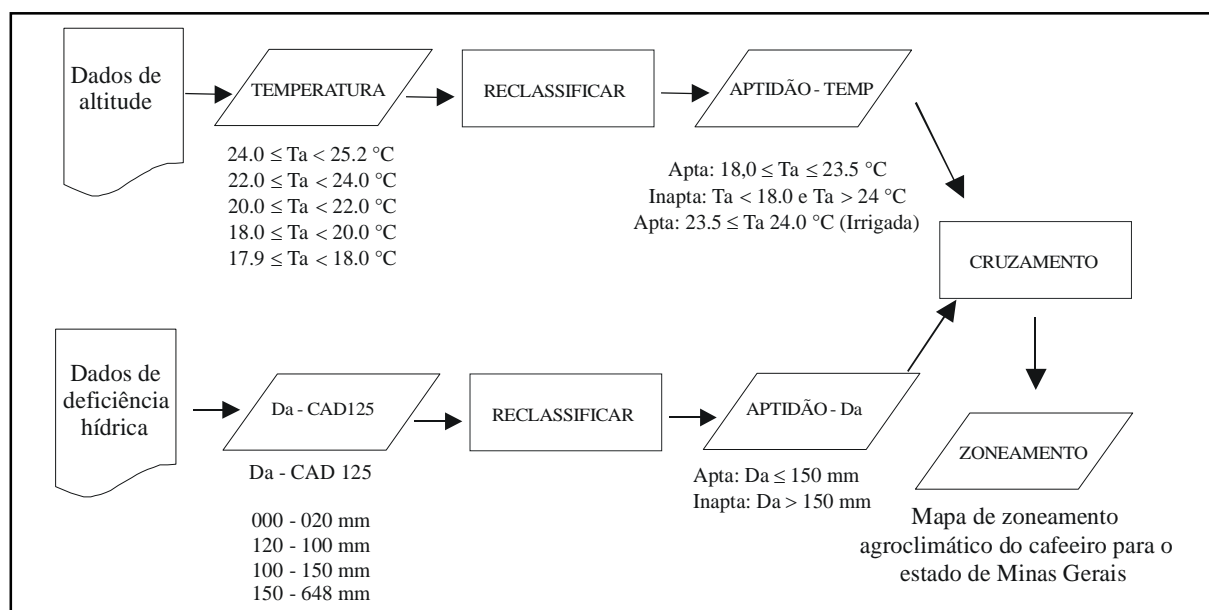
Posteriormente, à determinação das regiões aptas e inaptas, obteve-se, como produto final, o “Zoneamento Agroclimático para o Cafeeiro no estado de Minas Gerais”.

Os esquemas de todas as operações envolvidas no processo de manipulação e execução das

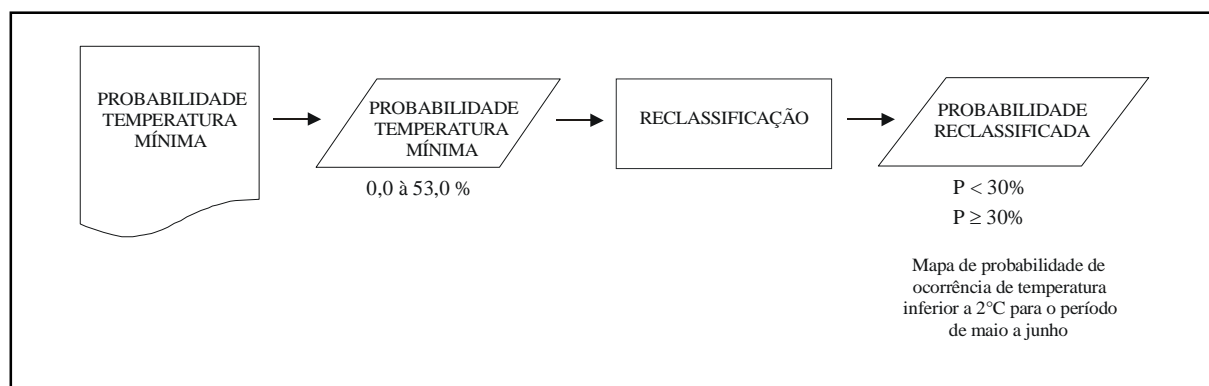
diversas etapas, que culminaram nos mapas temáticos (ASSAD & SANO, 1993) finais do zoneamento agroclimático do cafeeiro no estado de Minas Gerais (ASSAD et al., 2001), são apresentados nas Figuras 1 e 2.

A carta de aptidão climática do cafeeiro traz o mapeamento das faixas com as diferentes limitações e possibilidades climáticas para a cultura do cafeeiro. Os parâmetros definidos pelos elementos climáticos adotados para estabelecer as limitações climáticas da cultura cafeeira no estado de Minas Gerais foram os seguintes:

- Temperatura média anual ( $T_a$ ) = 18,0°C, indica o limite inferior da faixa térmica apta à ca-



**Figura 1.** Fluxograma das etapas para obtenção do mapa de zoneamento agroclimático do cafeeiro para o estado de Minas Gerais, em que  $T_a$  = temperatura média anual e  $D_a$  = deficiência hídrica anual.



**Figura 2.** Fluxograma das etapas para obtenção do mapa de probabilidades de ocorrências de temperaturas inferiores a 2°C para o período de maio a junho no estado de Minas Gerais.

feicultura. Abaixo desse limite a cultura sofre deficiência térmica, que provoca uma queda na produção, tornando-se a área restrita a inapta para cultivo comercial;

- Temperatura média anual ( $T_a$ ) entre 18,0 e 23,5°C, indica a faixa térmica favorável à cafeicultura;

- Temperatura média anual ( $T_a$ ) entre 23,5 a 24,0°C, indica o limite superior da faixa térmica favorável à cafeicultura, quando irrigada. Acima desse limite, a faixa é considerada restrita a inapta, decorrente, principalmente, das reduções provocadas na produtividade dos cafeeiros pelas elevadas temperaturas na época de florescimento, restringindo a frutificação; e

- Deficiência hídrica anual,  $D_a = 150$  mm, é considerado o limite acima do qual a faixa se torna restrita a inapta para a cultura do cafeeiro.

Na delimitação da aptidão climática para a cafeicultura comercial são consideradas as seguintes faixas:

- Aptas: regiões com  $T_a$  superior a 18,0°C e inferior a 23,5°C e  $D_a$  abaixo de 150 mm significam as regiões que apresentam condições térmicas e hídricas favoráveis à cafeicultura;

- Aptas em áreas irrigadas: regiões com temperatura média anual entre 23,5 a 24,0°C, quando associadas com as práticas de irrigações suplementares;

- Inapta: regiões com  $T_a$  inferior a 18,0°C e  $T_a$  superior a 24,0°C e  $D_a$  superior a 150 mm. São regiões que apresentam temperaturas muito baixas, ou muito elevadas e, além disso, deficiências hídricas elevadas, respectivamente, para recomendação de plantios de cafeeiros comerciais de alta sustentabilidade.

## Resultados e discussão

A Figura 3 mostra a distribuição da temperatura média anual no estado de Minas Gerais. As menores temperaturas são observadas na região sul do estado, onde as altitudes são maiores devido à presença da Serra da Mantiqueira. As maiores temperaturas encontram-se nas regiões norte e

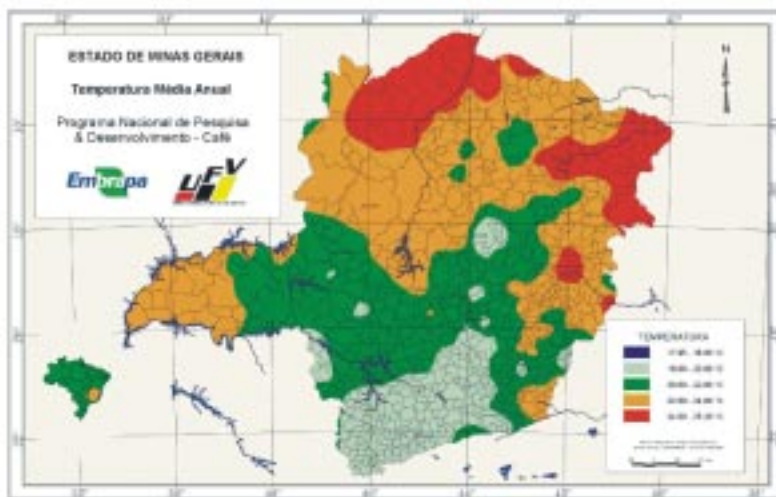
nordeste do estado, por ser observado, nestes locais, as menores altitudes, latitudes e índices pluviométricos.

A Figura 4 mostra o mapa do grau de aptidão das diferentes regiões de MG ao plantio do café arábica, segundo o critério de faixas térmicas. É possível verificar que 75,7% das áreas são aptas e 9,2% são aptas desde que irrigadas. Verifica-se ainda que 15,1% das áreas são inaptas devido ao excesso ou deficiência térmica. Observa-se, também, que o estado de Minas Gerais, praticamente, não apresenta restrições ao plantio do café devido à deficiência térmica, enquanto que os estados de São Paulo e Paraná, praticamente, não apresentam restrições quanto ao excesso térmico, sendo as limitações ao plantio do café devido à deficiência térmica (ASSAD *et al.*, 2001).

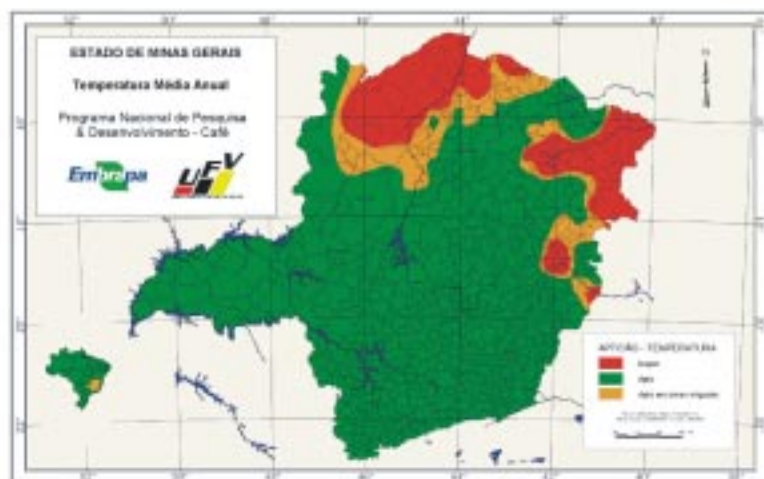
A Figura 5 representa as áreas desfavoráveis ao plantio do café devido à ocorrência de geadas. É possível verificar que apenas 1,2% da área total do estado apresenta temperaturas iguais ou inferiores a 2°C, no abrigo termométrico, para probabilidades iguais ou superiores a 30%. Enquanto Minas Gerais apresenta pequenas áreas com alta probabilidade de ocorrência de geadas, praticamente, 50% dos estados de São Paulo e Paraná apresentam alta probabilidade (ASSAD *et al.*, 2001).

A Figura 6 mostra a distribuição da deficiência hídrica anual no estado de Minas Gerais. As menores deficiências hídricas são observadas na região sul e as maiores ao norte e nordeste do estado, sendo observadas nestes locais as menores altitudes, latitudes e índices pluviométricos.

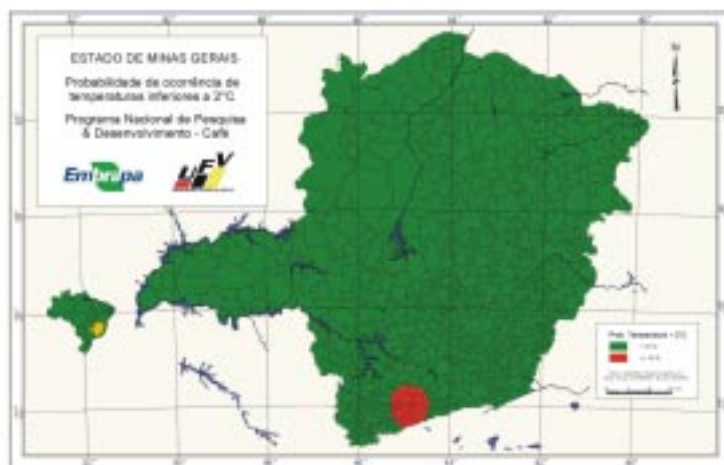
A Figura 7 mostra o mapa do grau de aptidão das diferentes regiões do estado ao plantio do cafeeiro, segundo o critério de deficiência hídrica. Segundo esse critério, a região centro-sul apresenta 48,7% da área total do estado apta para o desenvolvimento do café. Por outro lado, as regiões norte, noroeste e nordeste mostram-se inaptas ao plantio, correspondendo a 51,3% das áreas do estado. Segundo esse critério, os estados do Paraná e de São Paulo são plenamente aptos, sendo que não apresentam deficiência hídrica maior que 150 mm (ASSAD, *et al.*, 2001). Por outro lado, somente é possível o plantio de café, no estado de Goiás, caso seja empregada a técnica de irrigação suplementar devido à deficiência hídrica anual nesta região (ASSAD *et al.*, 2001).



**Figura 3.** Distribuição da temperatura média anual ( $T_a$ ) no estado de Minas Gerais.



**Figura 4.** Grau de aptidão segundo o critério de faixas térmicas. Regiões aptas ( $18 < T_a < 23^\circ\text{C}$ ), aptas com irrigação ( $23 < T_a < 24^\circ\text{C}$ ), inaptas devido ao excesso e deficiência térmica ( $T_a > 24^\circ\text{C}$  e  $T_a < 18^\circ\text{C}$ ).

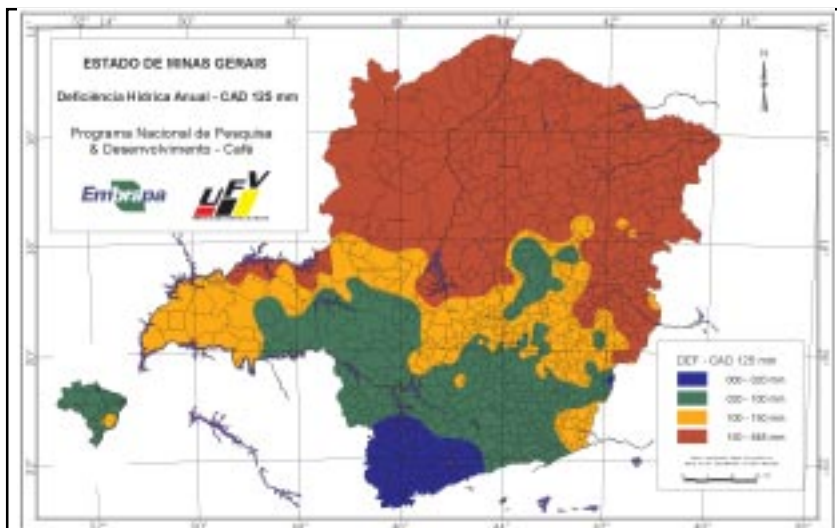


**Figura 5.** Áreas desfavoráveis ao plantio do café devido à ocorrência de geadas. São consideradas desfavoráveis as áreas que tem probabilidade igual ou maior que 30% de ocorrência de temperatura no abrigo meteorológico inferior ou igual a  $2^\circ\text{C}$ .

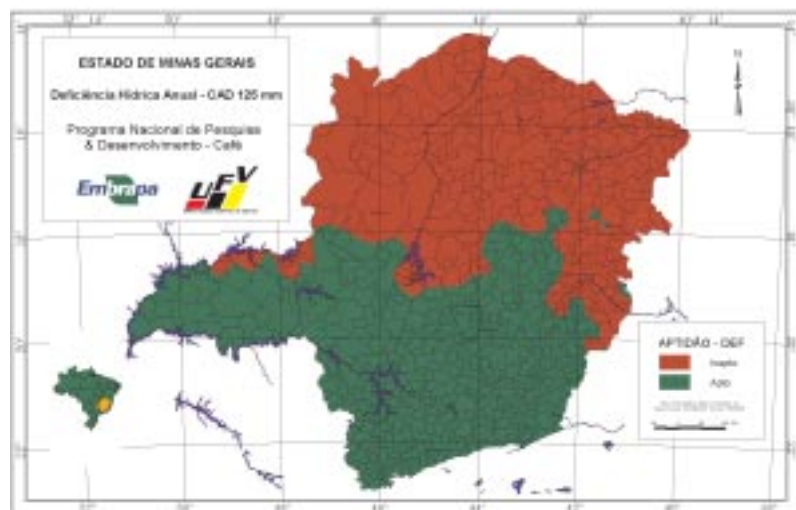
A Figura 8 mostra o resultado do zoneamento agroclimático do estado de Minas Gerais. Pode-se observar que as áreas consideradas aptas para o desenvolvimento do café arábica correspondem a 48,7% da área total do estado, localizadas nas regiões sul, centro e leste. As áreas consideradas inaptas, totalizando 15,1% da área localizam-se na região nordeste e parte do norte do estado. As demais áreas são consideradas aptas caso sejam irrigadas, e correspondem a 36,2% do estado.

Há de se ressaltar que não são recomendados plantios de cafeeiros em altitudes inferiores a 500 m e superiores a 1200 m, conforme várias regiões do estado de Minas Gerais, cujas áreas não estão identificadas nos mapas temáticos devido à resolução dos mapas aqui gerados.

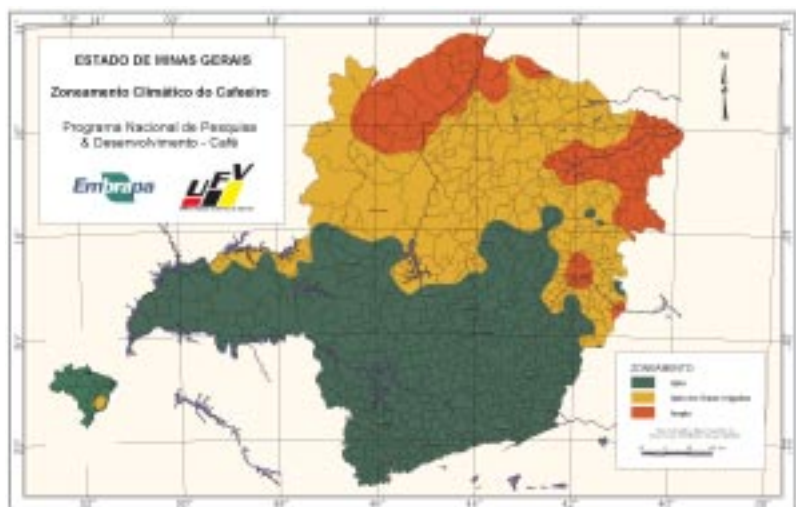
Diferentemente, do primeiro zoneamento do cafeeiro proposto nos anos oitenta, no presente processo buscou-se, em primeiro lugar, a definição de um banco de dados mais consistente e de maior abrangência geográfica para o estado. A utilização de dados georreferenciados, por meio dos sistemas de informações geográficas, proporcionou maior segurança no delineamento dos limites climáticos para o enquadramento das regiões aptas ou inaptas para a cultura do cafeeiro, sendo um passo de grande importância neste novo trabalho.



**Figura 6.** Distribuição da deficiência hídrica anual no estado de Minas Gerais.



**Figura 7.** Grau de Aptidão segundo o critério de deficiência hídrica anual (Da). Regiões aptas ( $Da < 150$  mm), inaptas ou aptas com irrigação ( $Da > 150$  mm).



**Figura 8.** Zoneamento agroclimático para o estado de Minas Gerais.



## Conclusões

A análise dos dados e a interpretação dos resultados obtidos nas condições específicas do presente trabalho permitiram concluir que:

- as temperaturas médias anuais na faixa de 18,0 a 23,5°C são responsáveis por grande parte da área apta ao cultivo do café arábica no estado de Minas Gerais, ocorrendo desde a região sul a central do estado;
- o déficit hídrico anual superior a 150 mm, que discrimina áreas homogêneas de regiões impróprias para a cultura do cafeeiro por deficiência hídrica, ocorre com maior expressão nas regiões noroeste, norte, nordeste e leste do estado;
- com o cálculo das probabilidades de ocorrências de temperaturas iguais ou inferiores a 2°C no interior do abrigo meteorológico para o estado de Minas Gerais, pode-se comprovar que quase a totalidade da área do estado apresenta uma probabilidade de ocorrência inferior a 30%;
- por meio do cruzamento dos mapas temáticos de deficiência hídrica anual e temperatura média anual para o estado de Minas Gerais, percebe-se que, aproximadamente, metade da área do estado está apta à produção de cafeeiros comerciais de alta sustentabilidade; e
- o resultado do zoneamento agro-climático para o cafeeiro no estado de Minas Gerais, bem como seus

mapas temáticos, são coerentes e podem ser usados, tanto na implantação, quanto no planejamento de atividades agrícolas.

## Referências bibliográficas

- ANEEL. Agência nacional de energia elétrica, Governo Federal (Brasil), 1999. <<http://www.aneel.gov.br/>>
- ASSAD, E., PINTO, H.S., CARAMORI, P.H. et al. **Zoneamento do café**. Brasília: Consórcio Brasileiro de Pesquisas do Café/Embrapa, 2001. CD-ROM.
- ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistema de informação geográfica**: aplicações na agricultura. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1993. 274p.
- CAMARGO, A.P. de, PINTO, H.S., PEDRO Jr., M.J. et al. Aptidão climática de culturas agrícolas. In: SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. **Zoneamento agrícola do estado de São Paulo**. São Paulo: CATI, 1974. v.1, p.109-149.
- INMET/MAPA. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-90)**. Brasília, 1992. 84p.
- MATIELLO, J.B. **O café**: do cultivo ao consumo. São Paulo: Globo, 1991. 320p. (Coleção do agricultor. Grãos).
- SEDYIAMA, G.C., MELO Jr., J.C.F. Modelos para estimativas das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no estado de Minas Gerais. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.6, n.1, p.57-61, 1998.
- THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton: Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v.8, nº1).