

ISSN 0104-1347

Zoneamento agroclimático para a cultura de café (*Coffea arabica* L.) no estado de Goiás e sudoeste do estado da Bahia

Agroclimatic zoning for Coffee (*Coffea arabica* L.) in the state of Goiás and southeastern state of Bahia, Brazil

Eduardo Delgado Assad¹, Balbino Antonio Evangelista², Fernando Antonio Macena da Silva¹,
Sílvia Aida Rodrigues da Cunha³, Enislaine Rosa Alves⁴, Thaise Sussane de Souza Lopes⁴,
Hilton Silveira Pinto^{5,7} e Jurandir Zullo Jr.^{6,7}

Resumo – Foi possível identificar, por meio de cruzamento de informações climáticas, as regiões com aptidão para a cultura de café no estado de Goiás e no sudoeste do estado da Bahia. Os critérios utilizados para identificação das áreas aptas climaticamente foram: deficiência hídrica anual menor que 150 mm; temperatura média ponderada anual entre 18°C e 23°C; temperatura máxima média mensal inferior a 23°C. Na área de estudo, nos dois estados, a deficiência hídrica anual foi superior a 150 mm, sendo necessário cultivar o café sob irrigação. As temperaturas foram estimadas por meio de equações de regressão usando-se uma grade regular com pontos de altitude a cada trinta segundos de latitude e de longitude. Foram estimados 15.000 pontos de temperatura no estado de Goiás e 8.000 pontos na região do sudoeste do estado da Bahia. Foi possível elaborar mapas de temperatura média ponderada anual e de temperatura média dos meses mais quentes, mapas de deficiência hídrica e mapas de zoneamento com as áreas de aptidão climática para cultura de café. O estado de Goiás, considerando os critérios adotados, apresenta 117 municípios, e o sudoeste do estado da Bahia, apresenta 37 municípios com aptidão climática para cultivo do café, variando de 10 à 100% da área municipal.

Palavras-chave: zoneamento agrícola, risco climático, balanço hídrico, Cerrado, Brasil.

Abstract – Based on climatological data integration, we were able to identify favorable zones for coffee production in the states of Goiás and southeastern Bahia, Brazil. The climatic criteria used to identify such favorable areas were: annual water deficit < 150 mm; weighted annual average temperature between 18 and 23°C; monthly average maximum temperature < 23°C. For both study states, the annual water deficit is higher than 150 mm, which means that coffee production in these regions requires irrigation. The temperatures were estimated by regression equations, using a regular grid with elevations acquired every 30' in both latitude and longitude. A total of 15,000 and 8,000 point-based temperatures were estimated for the state of Goiás and southern Bahia,

¹ Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, CEP 13083-970 Campinas, SP. E-mail: assad@cnptia.embrapa.br

² Assistente de Pesquisa da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

³ Bolsista do Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café.

⁴ Bolsista da UnB-Finatec/Zoneamento Agrícola-MAPA.

⁵ Professor da Unicamp, Campinas, SP.

⁶ Pesquisador da Unicamp, Campinas, SP.

⁷ Bolsista do CNPq-PQ.

respectively. We also generated maps of weighted annual average temperature, maps of average temperatures for the months with higher temperatures, maps of water deficit and a zoning map with climatic aptitude for coffee production. The states of Goiás and southeastern Bahia presented, respectively, 117 and 37 counties with 10 to 100% of their area with favorable conditions for coffee production.

Key words: agricultural zoning, climatic risk, water balance, Cerrado, Brazil.

Introdução

Estudos buscando identificar a aptidão climática para a cultura de café devem levar em conta, prioritariamente, deficiência hídrica e temperatura média anual.

Quando a deficiência hídrica torna-se elevada, o cafeeiro começa a apresentar os seguintes sintomas: murcha, desfolha, secamento dos ramos, morte das raízes e aparecimento de deficiência de nutrientes induzida. A consequência desses sintomas é a queda na produção, uma vez que a planta necessita encontrar umidade no solo durante todo o período de vegetação e de frutificação. CARELLI et al. (2000) mostraram, também, que a densidade de fluxo de seiva no xilema aumenta para o café em condições de irrigação, ou seja, quando a deficiência hídrica é reduzida. Neste caso, foi constatado que a relação entre a densidade do fluxo de seiva, do período noturno/diurno diminui com o aumento da disponibilidade de água no solo. ARRUDA et al. (2000) concluíram que o consumo de água pelo café é interrompido quando se esgotam 113 mm de água da camada do solo de 0 a 100 cm. Estas informações reforçam a adoção do critério estabelecido por CAMARGO (1985), onde é fixado o valor de 150 mm/ano como deficiência hídrica limite para cultivo de café.

Quando a temperatura média anual é inferior a 18°C, o período de dormência das gemas florais pode ser retardado e o desenvolvimento dos frutos torna-se mais lento, o que faz com que o período de maturação seja coincidente com novo florescimento, dificultando a colheita (CAMARGO & PEREIRA, 1994). Por outro lado, quando a temperatura média anual é superior a 23°C e a temperatura média mensal de novembro é próxima a 24°C, é freqüente haver problemas de frutificação por abortamento das flores, (CAMARGO, 1985; THOMAZIELLO et al., 1999).

Como a cafeicultura brasileira está situada em áreas de latitudes superiores a 4º Sul, o café encontra-se fenologicamente em condições tropicais/subtropicais, não equatoriais. O ciclo fenológico é bem definido, ou seja, florescimento na primavera, frutificação no verão, maturação no outono e colheita no inverno. Como a estação seca é bem definida no estado de Goiás e no sudoeste do estado da Bahia, (ASSAD, 1994), o café tem um período de floração destacado, e um período de maturação e colheita, relativamente, curto (abril a agosto), conforme CAMARGO (1985).

Trabalhos de zoneamento climático do café foram elaborados em décadas passadas, porém o enfoque cartográfico não tinha a mesma precisão atual, já que na época não existia cartografia digital ou geoprocessamento, amplamente aplicados na agricultura, (ASSAD & SANO, 1998). Poucos trabalhos nesta área foram desenvolvidos, destacando-se os de PINTO & ALFONSI (1976), TARIFA et al. (1977), entre outros. Com o avanço da tecnologia de geoprocessamento, tornou-se necessário reavaliar estes estudos, atualizando e regionalizando os critérios de cruzamento de informações e melhorando a representação espacial dos resultados.

Sabendo-se que o crescimento e o rendimento da cultura do café são influenciados, principalmente, pelos elementos climáticos. Este trabalho teve como objetivo definir áreas aptas, do ponto de vista agroclimático, para a cultura de café no estado de Goiás e na região sudoeste do estado da Bahia.

Material e métodos

A área de abrangência do trabalho foram o estado de Goiás localizado na região Centro-Oeste do Brasil entre as latitudes 13°00' e 19°00' S e

longitudes 46°00' e 53°00' W, e a região sudoeste do estado da Bahia, localizado entre as latitudes 10°00' e 18°00' S e longitudes 42°00' e 57°00' W. Para o estado de Goiás e a região sudoeste do estado da Bahia, usou-se dados de precipitação pluvial de 136 e 38 postos pluviométricos, respectivamente, das Normais Climatológicas (BRASIL, 1992) e do banco de dados pluviométricos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). No cálculo da deficiência hídrica anual (DHA) foi usado o Balanço Hídrico de THORNTHWAITE & MATHER (1955), para uma capacidade de armazenamento de água no solo de 125 mm. Foram estabelecidas as seguintes classes de DHA que definiram as áreas aptas e não recomendadas para cultivo, sob ponto de vista hídrico:

- $DHA < 150 \text{ mm} \Rightarrow$ Área apta sem irrigação
- $DHA > 150 \text{ mm} \Rightarrow$ Área apta com irrigação

Os dados de temperatura média anual, das 27 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), eram insuficientes para determinação das temperaturas associadas e sua variação espaço-temporal. Assim, usou-se um modelo de regressão linear para estimar a temperatura média mensal em função da altitude e da latitude. Foram estabelecidas as seguintes classes de temperaturas médias anual (T_a) e

temperatura média do mês de novembro (T_n), para definição das áreas aptas e não recomendadas para cultivo, sob ponto de vista térmico:

- $18^\circ\text{C} < T_a < 23^\circ\text{C} \Rightarrow$ Área apta
- $T_n < 24^\circ\text{C} \Rightarrow$ Área apta com irrigação

Os valores de DHA, T_a e T_n foram georreferenciados e espacializados com um sistema de informações geográficas originando mapas de deficiência hídrica anual, temperatura média anual e temperatura média no mês de novembro. Usando-se o módulo de programação LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) disponível no SPRING, efetuou-se o cruzamento dos mapas parciais, obtendo-se um mapa de zoneamento com as áreas aptas para o cultivo do café no estado de Goiás e um mapa de zoneamento com as áreas aptas para cultivo do café no sudoeste do estado da Bahia. As regiões que apresentaram $DHA < 150 \text{ mm}$, $18^\circ\text{C} < T_a < 23^\circ\text{C}$ e $T_n < 24^\circ\text{C}$, foram consideradas aptas sem irrigação. As regiões que apresentaram $DHA > 150 \text{ mm}$, $18^\circ\text{C} < T_a < 23^\circ\text{C}$ e $T_n < 24^\circ\text{C}$, foram consideradas aptas com irrigação e, qualquer combinação diferente das anteriores foi considerada como não recomendada para o cultivo de café.

Tabela 1. Valores dos parâmetros estimados (β_0 , β_1 , β_2), coeficiente de determinação (R^2) e equação de regressão linear múltipla de estimativa de temperatura média do ar, para o estado de Goiás.

Mês	Parâmetro de regressão				F (%)		Modelo de regressão linear múltipla
	β_0	β_1	β_2	R^2	LAT	ALT	
Jan	27.901	-0.068	-0.004	0.887	0.16	0.01	$T = 27.901 - 0.068\text{LAT} - 0.004\text{ALT}$
Fev	26.470	0.032	-0.005	0.939	0.09	0.01	$T = 26.470 + 0.032\text{LAT} - 0.005\text{ALT}$
Mar	27.252	0.011	-0.005	0.908	0.22	0.01	$T = 27.252 + 0.011\text{LAT} - 0.005\text{ALT}$
Abr	29.501	-0.145	-0.005	0.910	0.03	0.01	$T = 29.501 - 0.145\text{LAT} - 0.005\text{ALT}$
Mai	30.898	-0.312	-0.005	0.859	0.06	0.05	$T = 30.898 - 0.312\text{LAT} - 0.005\text{ALT}$
Jun	30.118	-0.348	-0.005	0.819	0.13	0.16	$T = 30.118 - 0.348\text{LAT} - 0.005\text{ALT}$
Jul	30.494	-0.384	-0.005	0.800	0.16	0.29	$T = 30.494 - 0.384\text{LAT} - 0.005\text{ALT}$
Ago	30.181	-0.211	-0.006	0.776	0.70	0.18	$T = 30.181 - 0.211\text{LAT} - 0.006\text{ALT}$
Set	32.464	-0.269	-0.006	0.856	0.09	0.04	$T = 32.464 - 0.269\text{LAT} - 0.006\text{ALT}$
Out	28.973	-0.032	-0.006	0.895	0.23	0.01	$T = 28.973 - 0.032\text{LAT} - 0.006\text{ALT}$
Nov	27.542	0.020	-0.006	0.934	0.09	0.01	$T = 27.542 + 0.020\text{LAT} - 0.006\text{ALT}$
Dez	27.209	-0.008	-0.005	0.939	0.04	0.01	$T = 27.209 - 0.008\text{LAT} - 0.005\text{ALT}$
Anual	29.035	-0.139	-0.005	0.890	0.08	0.01	$T = 29.035 - 0.139\text{LAT} - 0.005\text{ALT}$

LAT: latitude; ALT: altitude; T: temperatura.

Tabela 2. Valores dos parâmetros estimados (β_0 , β_1 , β_2), coeficiente de determinação (R^2) e equação de regressão linear múltipla de estimativa de temperatura média do ar, para o sudoeste do estado da Bahia.

Mês	Parâmetro de regressão				F (%)		Modelo de regressão linear múltipla
	β_0	β_1	β_2	R^2	LAT	ALT	
	Equação						
Jan	31.23	-0.23	-0.01	0.94	0.0047	0.0001	T= 31.23-0.23LAT-0.01 ALT
Fev	31.51	-0.22	-0.01	0.89	0.0456	0.0001	T= 31.51-0.22LAT-0.01ALT
Mar	30.62	-0.16	-0.01	0.88	0.1274	0.0001	T= 30.62-0.16LAT-0.01ALT
Abr	30.82	-0.21	-0.01	0.87	0.0629	0.0001	T= 30.82-0.21LAT-0.01ALT
Mai	30.39	-0.23	-0.01	0.83	0.1065	0.0001	T= 30.39-0.23LAT-0.01ALT
Jun	30.79	-0.35	-0.01	0.74	0.0933	0.0002	T= 30.79-0.35LAT-0.01ALT
Jul	29.08	-0.25	-0.01	0.68	0.2595	0.0004	T= 29.08-0.25LAT-0.01ALT
Ago	29.26	-0.17	-0.01	0.66	0.4555	0.0005	T= 29.26-0.17LAT-0.01ALT
Set	30.29	-0.16	-0.01	0.55	0.5576	0.0025	T= 30.29-0.16LAT-0.01ALT
Out	31.14	-0.21	-0.01	0.58	0.3815	0.0020	T= 31.14-0.21LAT-0.01ALT
Nov	31.05	-0.22	-0.01	0.72	0.2065	0.0002	T= 31.05-0.22LAT-0.01ALT
Dez	30.40	-0.20	-0.01	0.82	0.1000	0.0001	T= 30.40-0.20LAT-0.01ALT
Anual	30.66	-0.23	-0.01	0.84	0.0954	0.0001	T= 30.66-0.23LAT-0.01ALT

LAT: latitude; ALT: altitude; T: temperatura.

Resultados e discussão

Com a espacialização da deficiência hídrica, verificou-se que todo o estado de Goiás e região sudoeste do estado da Bahia, apresentam deficiência hídrica superior a 150 mm. Isso significa que o cultivo de café nessas regiões somente deve ser recomendado com irrigação. Esta condição reforça a explicação das baixas produtividades do café nos últimos cinco anos, no estado de Goiás (1.169 kg/ha), inferior à produtividades dos estados de São Paulo (1.492 kg/ha), Paraná (1.524 kg/ha) e Minas Gerais (1.500 kg/ha), uma vez que o café em Goiás é cultivado sem irrigação. Ao se constatar este fato, as variáveis que definiram a aptidão da região para o cultivo de café foram temperatura média anual e temperatura média do mês de novembro. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as equações estabelecidas para estimar a temperatura média mensal e anual para as regiões estudadas.

De forma semelhante à deficiência hídrica, as temperaturas estimadas foram georreferenciadas e espacializadas, originando os mapas de temperatura (Figuras 1, 2, 3 e 4). Selecionou-se apenas a temperatura do mês mais quente, novembro, e a temperatura média anual. No caso do estado de Goiás, fica evidente que as localidades de maior altitude, entre o centro e o nordeste do estado, e no

sudoeste do estado, são aquelas regiões com temperaturas amenas, abrangendo 117 municípios. Já na região sudoeste do estado da Bahia, no extremo oeste (regiões com maiores altitudes), encontram-se temperaturas adequadas para o cultivo de café, abrangendo 38 municípios. Nas Tabelas 3 e 4 são relacionados os municípios que apresentam aptidão climática para o café com irrigação e a porcentagem das áreas aptas.

Os mapas de zoneamento (Figuras 5 e 6), representam as áreas com aptidão climática para o cultivo do café com irrigação. Para o estado de Goiás foram delimitados 10.641.800 hectares aptos para cultivo do café com irrigação, e na região sudoeste do estado da Bahia 11.287.500 hectares aptos para cultivo do café com irrigação. Se somados, esses valores equivalem a quase totalidade da área plantada com café no Brasil.

Conclusões

Segundo critérios adotados e resultados obtidos, conclui-se que:

- foi possível identificar áreas aptas para o cultivo de café, por município, no estado de Goiás e na região sudoeste do estado da Bahia;

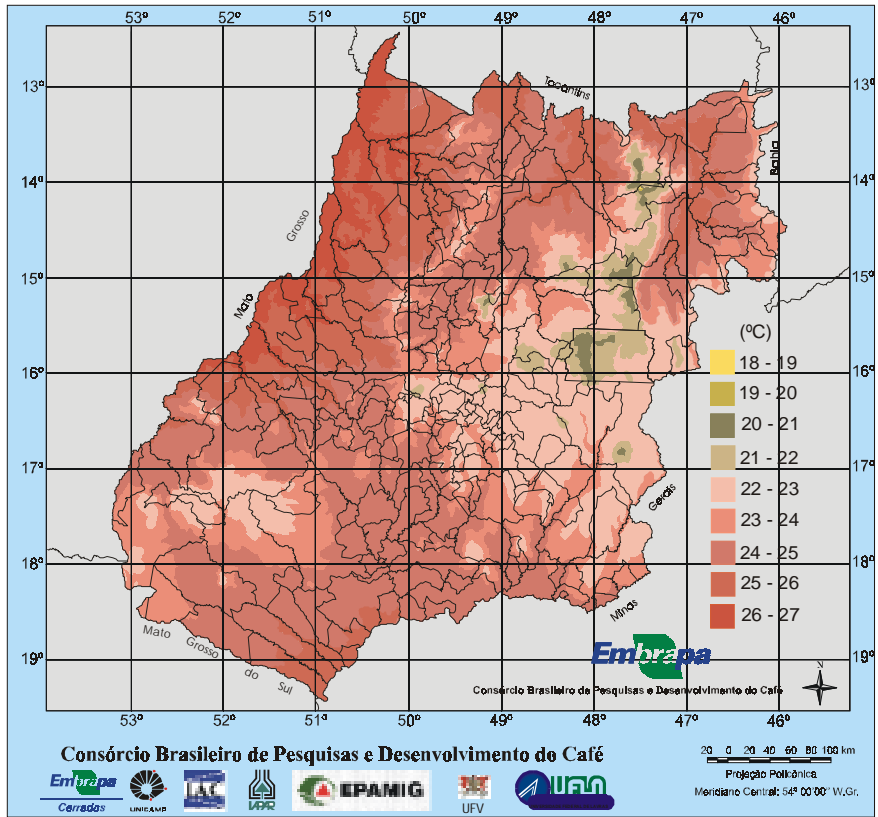


Figura 1. Temperatura média do mês de novembro no estado de Goiás.

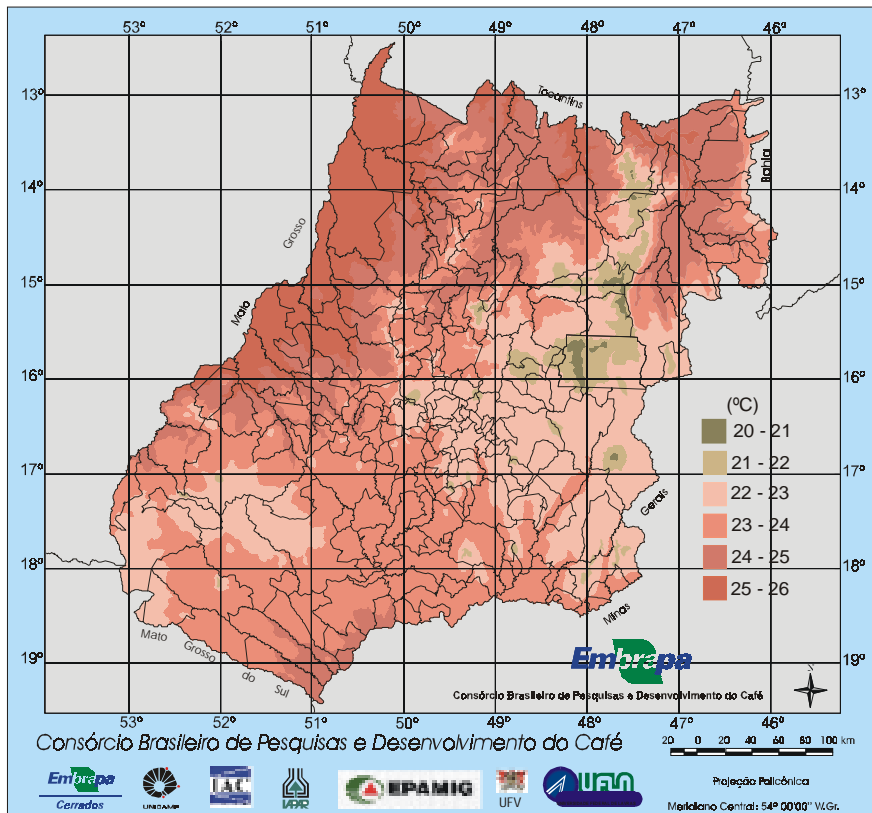


Figura 2. Temperatura média anual no estado de Goiás.

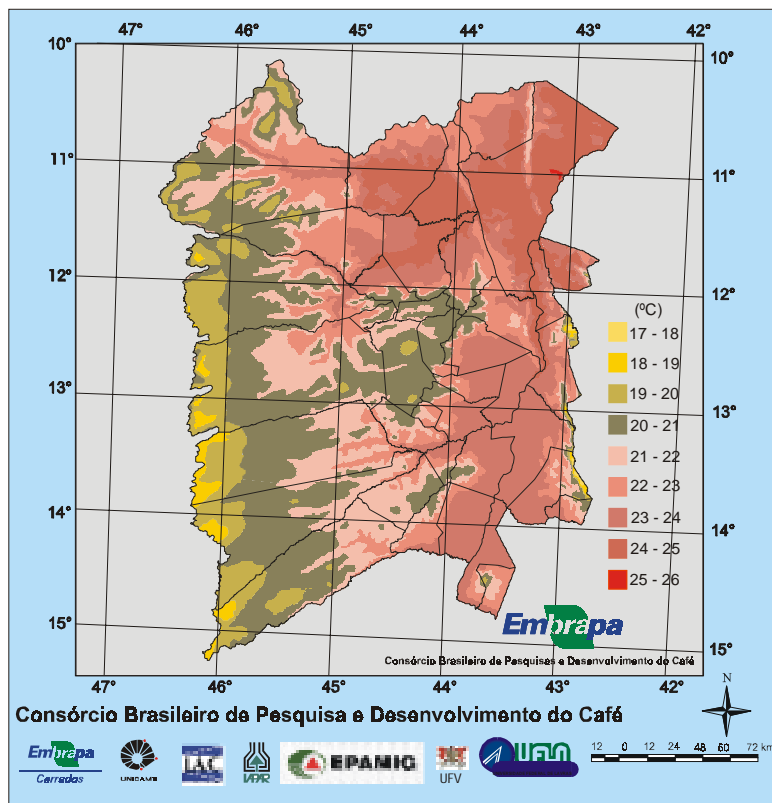


Figura 3. Temperatura média do mês de novembro na região sudoeste do estado da Bahia.

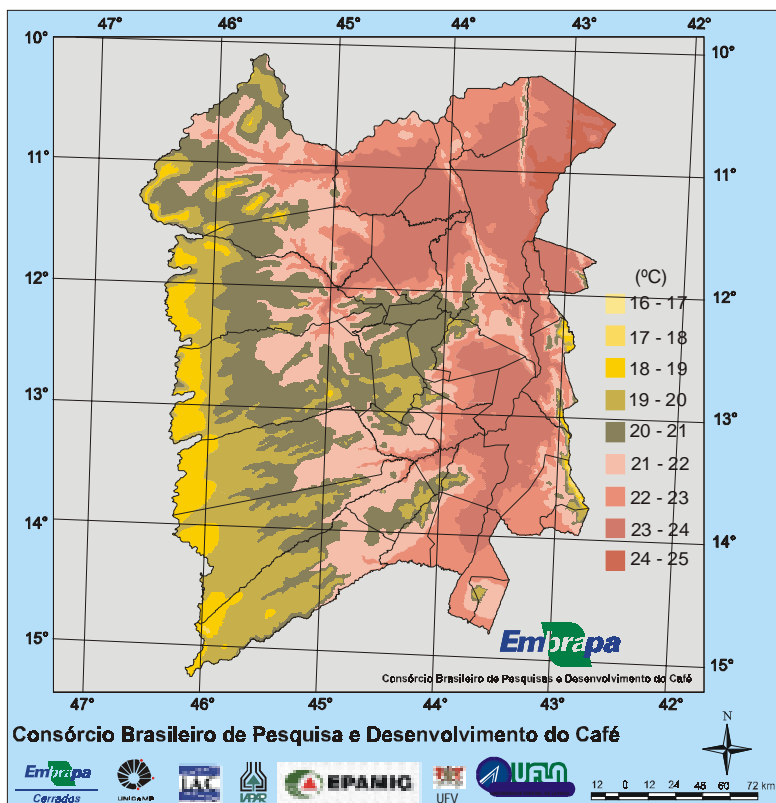


Figura 4. Temperatura média anual na região sudoeste do estado da Bahia.

Tabela 3. Municípios e porcentagem de área apta para cultivo de café irrigado, no estado de Goiás.

Município	% área apta	Município	% área apta	Município	% área apta
Santa Rosa de Goiás	100	Cocalzinho de Goiás	98	Jataí	40
Abadia de Goiás	100	Campo Alegre de Goiás	97	Itaguari	40
Abadiânia	100	Goiânia	97	Portelândia	38
Água Fria de Goiás	100	Senador Canedo	93	Itaguaru	38
Águas Lindas de Goiás	100	Caturai	92	Teresina de Goiás	37
Alexânia	100	Aparecida de Goiânia	90	Buriti Alegre	34
Americano do Brasil	100	Anicuns	88	Pilar de Goiás	32
Anápolis	100	Bela Vista de Goiás	88	Morro Agudo de Goiás	32
Aragoiânia	100	Araçu	86	Ouvidor	31
Bonfinópolis	100	Mimoso de Goiás	85	Caldas Novas	31
Brazabrantes	100	Hidrolândia	82	Cavalcante	29
Caldazinha	100	Catalão	82	Barro Alto	26
Cidade Ocidental	100	Pirenópolis	79	Mossâmedes	25
Corumbá de Goiás	100	Santa Cruz de Goiás	78	Varjão	25
Cristianópolis	100	Ipameri	78	Davinópolis	25
Damolândia	100	Itaberaí	76	Niquelândia	24
Goianápolis	100	Pires do Rio	73	Mambaí	24
Goianira	100	Padre Bernardo	72	Morrinhos	23
Inhumas	100	Alto Paraíso de Goiás	71	Sítio D'Abadia	22
Itaçu	100	Orizona	70	Guarani de Goiás	22
Leopoldo de Bulhões	100	Chapadão do Céu	65	Hidrolina	21
Mineiros	100	Trindade	65	Turvânia	20
Nerópolis	100	São João D'Aliança	65	Mairipotaba	20
Nova Veneza	100	Guaraíta	63	Vila Boa	18
Novo Gama	100	Mineiros	62	Professor Jamil	18
Ouro Verde de Goiás	100	Urutaí	61	Campos Belos	16
Palmelo	100	Vila Propício	59	Jesópolis	16
Perolândia	100	Cromínia	57	Flores de Goiás	15
Petrolina de Goiás	100	Montividiu	56	Faina	15
Planaltina	100	Guapo	56	Rubiataba	15
Santo Antônio de Goiás	100	Avelinópolis	56	Cumari	14
Santo Antônio do Descoberto	100	Goiandira	56	Nova Roma	13
São Miguel do Passa Quatro	100	Goianésia	52	Baliza	12
Silvânia	100	Formosa	50	Marzagão	12
Terezópolis de Goiás	100	Rio Quente	45	Serranópolis	12
Valparaíso de Goiás	100	São Francisco de Goiás	44	Nova Iguaçu de Goiás	11
Vianópolis	100	Nazário	44	Santa Rita do Araguaia	11
Cristalina	100	Rio Verde	42	Heitorai	11
Taquaral de Goiás	100	Piracanjuba	41	Posse	11
Cabeceiras	100	Caiapônia	40	Jaraguá	10
Luziânia	98				

Tabela 4. Municípios e porcentagem de área apta para cultivo de café irrigado na região sudoeste do estado da Bahia.

Município	% área apta	Município	% área apta	Município	% área apta
Canápolis	100	Feira da Mata	85	Serra Dourada	32
Catolândia	100	Riachão das Neves	81	Serra do Ramalho	30
Cristópolis	100	Matina	72	Mansidão	29
Cocos	100	Muquém de São Francisco	67	Santa Rita de Cássia	27
São Desidério	100	Paratinga	60	Malhada	20
Correntina	100	Wanderley	55	Ibotirama	19
Coribe	99	Riacho de Santana	55	Morpará	15
Jaborandi	99	São Félix do Coribe	54	Cotegipe	14
Tabocas do Brejo Velho	99	Angical	48	Bom Jesus da Lapa	13
Barreiras	96	Santana	48	Carinhanha	12
Formosa do Rio Preto	95	Buritirama	44	Barra	10
Santa Maria da Vitória	87	Brejoelândia	40	Sítio do Mato	5
Iuiú	86				

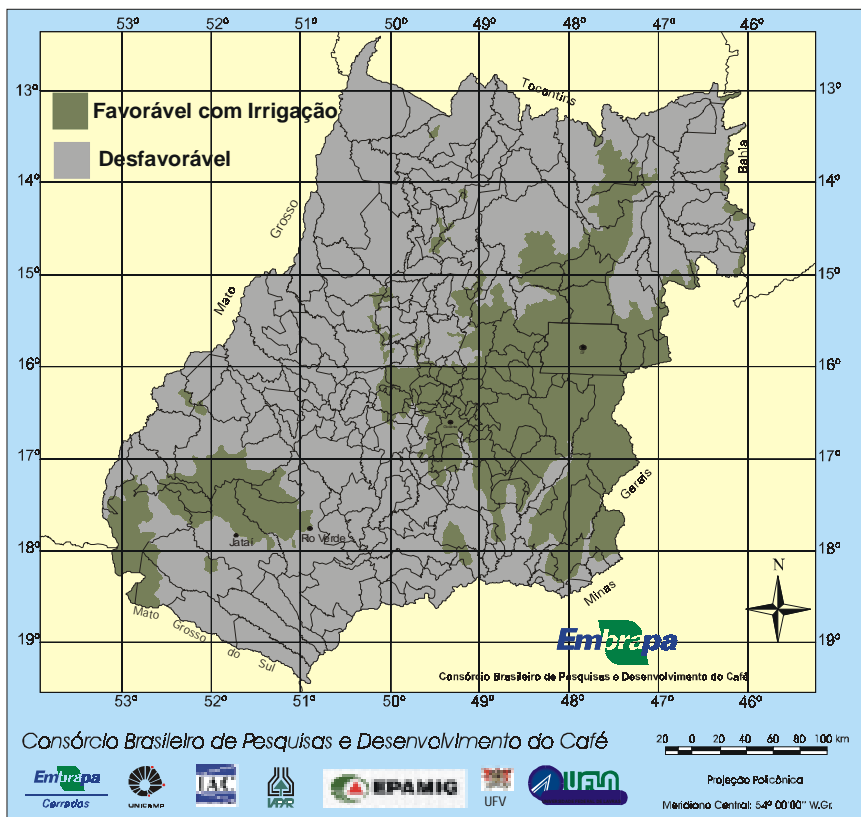


Figura 5. Zoneamento agroclimático da cultura do café para o estado de Goias.

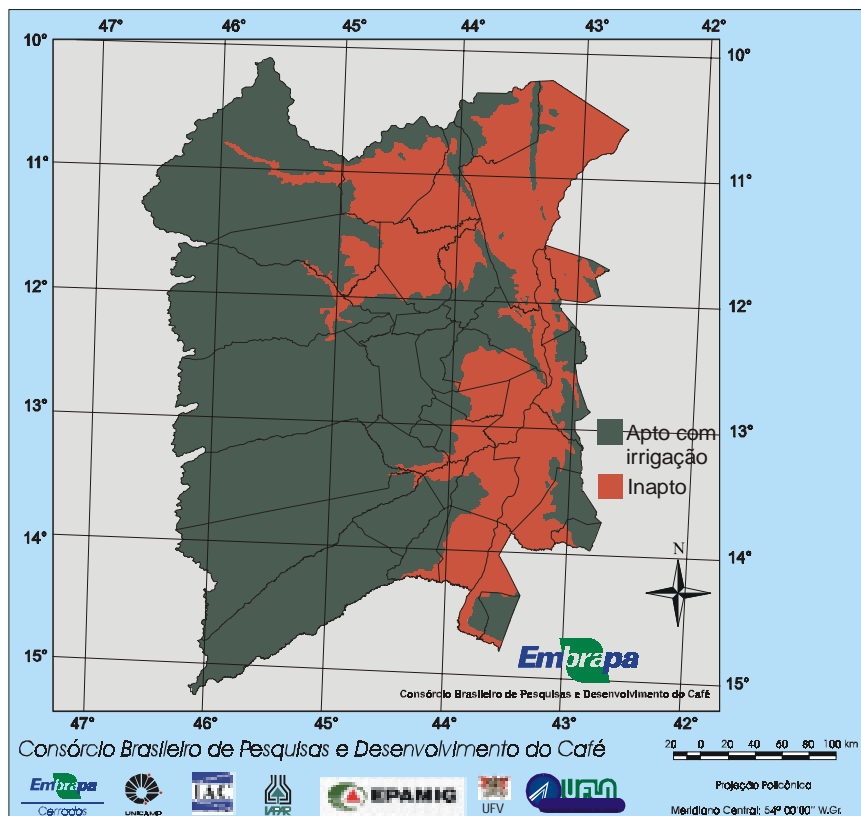


Figura 6. Zoneamento agroclimático da cultura do café na região sudoeste do estado da Bahia.

- os valores de deficiência hídrica determinados na região de estudo indicam que o café em Goiás e no sudoeste da Bahia só pode ser cultivado se adotadas práticas de irrigação;
- a temperatura média anual e a temperatura média do mês de novembro passaram a ser os fatores delimitantes das áreas recomendadas para cultivo de café na região de estudo, já que devem ser adotadas práticas de irrigação;
- sugere-se que novos índices de zoneamento sejam estabelecidos para reavaliar a aptidão de áreas, visando a produção de um café com diferencial de qualidade; e
- outros estudos devem ser feitos levando-se em consideração o tipo de solo e a exposição de encostas e declividade.

Referências bibliográficas

- ARRUDA, F.B., IAFFE, A., WEILL, M.A. et al. Resultados do consumo de água e do coeficiente de cultura do cafeeiro a partir do controle da umidade do solo em Pindorama. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, 2000. p.775-778.
- ASSAD, E.D. **Chuvras no Cerrado**. Análise e espacialização. Planaltina: EMBRAPA- SPI/Embrapa Cerrados, 1994. 420 p.
- ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistemas de informações geográficas**. Aplicações na agricultura. Brasília: EMBRAPA-SPI/Embrapa Cerrados, 1998. 434 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992.
- CAMARGO, A.P. O clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n.126, p.13-26, 1985.
- CAMARGO, A.P. de, PEREIRA, A.R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 1994. 42p. (CagM Report, n.58, WMO/TD, n.615).
- CARELLI, M.L.C., FAHL, J.I., PEZZOPANE, J.R.M. et al. Densidade de fluxo de seiva em plantas de café (*Coffea arabica* L.) em diferentes regimes de água e irradiância. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, 2000. p.42-45.
- PINTO, H.S., ALFONSI, R.R. Mapeamento ecológico por computador. **Ciência e cultura**, São Paulo, v.28, n.10, p.1108-1113, 1976.
- TARIFA, J.R., PINTO, H.S., ALFONSI, R.R. et al. A gênese dos episódios meteorológicos de julho de 1975 e a variação espacial dos danos causados pelas geadas à cafeicultura no estado de São Paulo. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.29, n.12, p.1362-1374, 1977.
- THOMAZIELLO, R.A., OLIVEIRA, E.G., TOLEDO FILHO, J.A. et al. **A cultura do Café**. Campinas: CATI, 1999. 77p.- 4.ed. (Boletim técnico, 193).
- THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, N.J. Publ. In *Climatology*, v.8, n.1, 1955. 104p.