# APLICAÇÃO DA ÁLGEBRA DE MAPAS PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS DE PRODUÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS NA CHAPADA DIAMANTINA-BA

*Carla Simone Araújo Gomes Sarmento[1], Ingrid Thalia Prado de Castro[2], Ivan de Araújo Inácio[3], Odair Lacerda Lemos[4], Jacqueline Lavinscky Costa Morais[5], Ana Júlia Santos Brito[6], Roseane Mendonça Figueiredo[7], Lilian Rocha Araújo[8]*

[1]Programa de Pós-graduação em Agronomia, UESB, carlasimonne@hotmail.com ; [1]Programa de Pós-graduação em Agronomia, UESB, giycastro@gmail.com ; [2]Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, UESB, ivsaraujoinacio@gmail.com; [3]Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, UESB, olemos@uesb.edu.br, [1]Programa de Pós-graduação em Agronomia, UESB, jlcmorais1@gmail.com; [4]Discente de graduação em engenharia florestal, UESB, anabritopiata@gmail.com; [3]Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, UESB, fraurose@hotmail.com; [5]Discente graduação em engenharia Agronômica, UESB, lilianaraujo1001@gmail.com.

## RESUMO

A Chapada Diamantina, localizada na área central do Estado da Bahia, constitui importante região cafeeira, com destaque na produção de cafés especiais. O presente estudo busca identificar áreas potenciais para produzir cafés de alta qualidade, através da álgebra de mapas, técnica de geoprocessamento que associa dados e informações por autocorrelação espacial. As análises ocorreram utilizando mapas climático, hipsométrico, distribuição da umidade em meses e pedológico da área objeto de estudo, com informações extraídas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e TOPODATA, que permitiram delinear áreas potenciais, apoiada em características edafoclimáticas desejáveis.

***Palavras-chave*** *— Coffea arabica,* qualidade, autocorrelação espacial, zoneamento, sensoriamento remoto.

## *ABSTRACT*

*Chapada Diamantina, located in the central área of the State of Bahia, is a importante coffee region, with emphasis on the production of specialty coffees. The presente study seeks to identify areas to produce high quality coffees, through map álgebra, a geoprocessing technique that associates data and information through spatial autocorrelation. The analysis was carried out using climatic, hypsometric, humidity distribuition in months and soil maps of the area under study, extracted from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and TOPODATA and allowed delineating of potential areas, based on desirable edaphoclimatic characteristics.*

***Key words*** *— Coffea arabica, quality, spatial autocorrelation, zoning, remote sensing.*

## 1. INTRODUÇÃO

As modificações nos padrões de consumo de cafés, alavancada pelo mercado europeu e americano, gerou demanda por cafés especiais no mundo. A nova dinâmica mercadológica, provocou alterações no sistema de produção da atividade cafeeira brasileira, com a finalidade angariar o mercado de consumo mais exigente e melhor remunerado.

A Chapada Diamantina, importante região agrícola do Estado da Bahia, inserida na zona de transição, entre os biomas da Caatinga e Mata Atlântica, constitui importante região produtora de café. Reconhecida nacionalmente pela qualidade dos cafés especiais e pelo forte apelo turístico, dada a localização e geomorfologia, apresenta características únicas para o seguimento da cafeicultura de alta qualidade.

A importância do zoneamento no planejamento e no desenvolvimento das regiões produtoras agrícolas, bem como os recursos para sua implementação têm aumentado. As Tecnologias e softwares para o tratamento de dados espaciais georreferenciados estão cada vez mais acessíveis, abrindo novas possibilidades para a concepção de zoneamentos consistentes e de uso prático pelo setor de produção vegetal [11].

Nesse contexto, busca-se identificar áreas com potencialidade para produção de cafés especiais, apoiada em informações geoespaciais de altitude, clima, solo e umidade, a fim de constituir um zoneamento para a finalidade específica.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende os municípios do Território de Identidade Chapada Diamantina: Abaíra, Andaraí, Barra da Estiva, Ibicoara, Ibitiara, Mucugê, Piatã, Rio de Contas, Morro do Chapéu, Boninal, Marcionílio Souza, Seabra, Wagner, Utinga, Itaetê, Bonito, Localizados entre as coordenadas geográficas 10º30’ e 13º20’ sul e 40º00’ e 42º20’ oeste (Figura 1).

A Chapada Diamantina possui altitudes variáveis de 229m a 2.033m. Formada pela Cadeia do Espinhaço que se estende de Minas Gerais até o Estado da Bahia, constitui uma área ampla sobre um altiplano, de relevo suave com escarpas e vales, abrangendo as bacias dos rios Paraguaçu e das Contas, com drenagem voltada para o leste.

O clima caracteriza-se pela zona climática tropical Brasil

central, baseada na classificação de Koppen, de acordo critérios de temperatura, onde os verões são chuvosos, enquanto no inverno possui baixa ocorrência de chuvas e eventos de estiagem. Durante o inverno, massas de ar polar vindas do sul do planeta formam as frentes frias e causam a diminuição da temperatura, ocasionando dias frios.

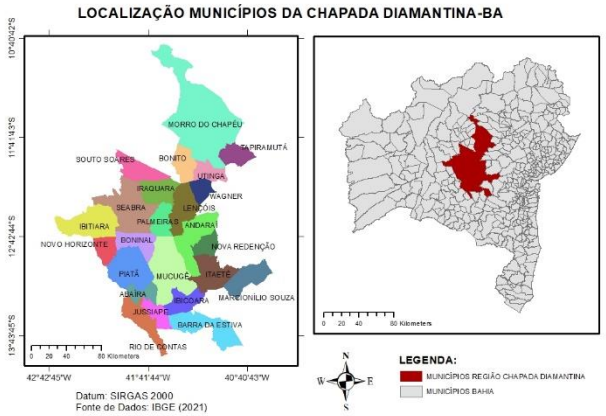



**Figura 1.: Localização dos municípios da Chapada Diamantina, Estado da Bahia. Elaborado pelo autor.**

## Mapas e geoestatística

A partir da análise exploratória dos dados, a geoestatística foi utilizada a fim de possibilitar uma caracterização eficiente da paisagem como ferramenta possível para compreender a dinâmica dos sistemas, estudar a variabilidade espacial e definir o modelo de semivariograma mais adequado.

Os índices climáticos foram classificados, de acordo com o nível de aptidão, atribuído um valor para análise de Moran Global a fim de validar a hipótese de significância geoestatística da possível correlação (Tabela 1).

Do ponto de vista cartográfico, a síntese, através da álgebra de mapas, refere-se à combinação de duas ou mais variáveis que apresentam atributos qualitativos, ordenados ou quantitativos, cujo objetivo é o de gerar uma nova informação capaz de fornecer uma visão diferenciada do conjunto de atributos envolvidos (Figura 2.). O detalhamento do processo de síntese se faz necessário para identificação dos parâmetros adotados, permitindo melhor análise do resultado, através de operações que tem tanto um sentido matemático quanto cartográfico e espacial.

O roteiro metodológico utilizado para elaboração do mapa de zonalidade:

1. Elaboração de mapas temáticos de atributos físicos individuais: zona climática, faixa de temperatura, distribuição da umidade em meses, hipsométrico e pedológico. Através do software ArcMap 9.0, utilizando de fonte de domínio público correspondente aos dados cartográficos, base de dados obtida em formato shapefile, extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e TOPODATA.
2. Geração de modelos numéricos de terreno com valores entre 1 (área inapta), 2 (baixa aptidão) e 3 (alta aptidão), através da associação, em cada mapa base de zona climática, temperatura, umidade, hipsométrico e pedológico, de pesos que indicam a contribuição relativa das classes em cada um desses temas para o zoneamento da área de estudo.
3. Integração da contribuição de cada componente do meio físico para as diferentes UTBs a partir da operação (pontual) de média ponderada (cada classe temática possui um peso descrito na Tabela 2.). O tratamento de dados foi desenvolvido no software ArcGIS 10.4.1, aplicando o interpolador Inverse Distance Weighted (IDW).
4. Geração de uma carta temática de zoneamento de aptidão

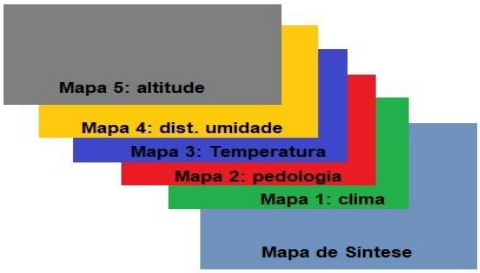



**Figura 2: Síntese cartográfica baseada em álgebra de mapas.**

| Variável | Classse | Aptidão | Nível de aptidão |
|---|---|---|---|
| Solo | Cambissolo háplico ta eutrófico | Baixa aptidão | 2 |
| | Latossolo amarelo distrófico | Alta aptidão | 1 |
| | Latossolo vermelho-amarelo distrófico | Alta aptidão | 1 |
| | Latossolo vermelho eutrófico | Alta aptidão | 1 |
| | Argissolo vermelh-amarelo eutrófico | Baixa aptidão | 2 |
| | Neossolo litólico distrófico | Inapta | 1 |
| | Neossolo litólico eutrófico | Inapta | 1 |
| | Planossolo háplico eutrófico | Baixa aptidão | 2 |
| | Luvissolo crômico órtico | Inapta | 1 |
| Altitude | >800m | Inápta | 1 |
| | 801-1.000m | Baixa Aptidão | 2 |
| | 1001-1.100m | Alta aptidão | 3 |
| | 1101-1.200m | Alta aptidão | 3 |
| | 1.201< | Alta aptidão | 3 |
| Distribuição da Umidade | 1 a 2 meses secos | Inápta | 1 |
| | 3 meses secos | Baixa Aptidão | 2 |
| | 4 a 5 meses secos | Alta Aptidão | 3 |
| | 6 meses secos | Baixa Aptidão | 2 |
| | 7 a 8 meses secos | Inápta | 1 |
| Faixa de Temperatura | Quente - média > 18° C em todos os meses | Inápta | 1 |
| | Subquente - Média entre 15 e 18° C em pelo menos 1 mês | Alta Aptidão | 3 |

**Tabela 1.: Classificação da variáveis ambientais.**

| Variável | Peso |
|---|---|
| Solo | 20% |
| Altitude | 30% |
| Distribuição da Umidade | 20% |
| Faixa de Temperatura | 30% |

**Tabela 2.: Classificação das variáveis climáticas.**

## 3. RESULTADOS

Foram realizadas as seguintes análises: dispersão altimétrica (Figura2), distribuição de umidade em meses (Figura 3), faixa de temperatura média diária (Figura 4), distribuição dos tipos de solos (Figura 5), clima (Figura 6), e utilização da ferramenta álgebra de mapas, com a finalidade de analise de dados e informações por autocorrelação espacial de características determinadas e desejáveis. Dessa forma, foi possível determinar a área potencial para a produção de cafés especiais, apresentada no mapa de aptidão (Figura 7).

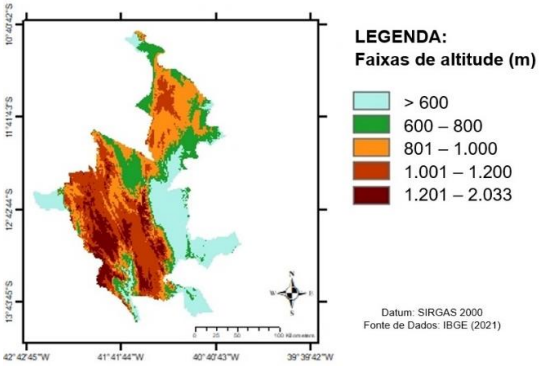



**Figura 2.: Mapa hipsométrico na Chapada Diamantina.**

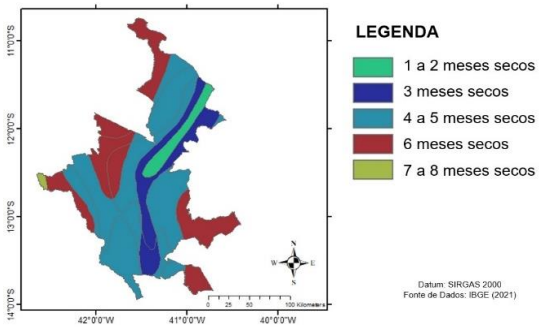



**Figura 3.: Mapa de distribuição de umidade da Chapada Diamantina.**

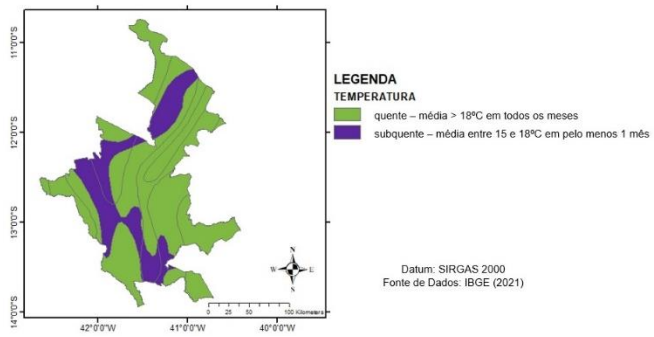



**Figura 4.: Mapa de distribuição da temperatura na Chapada Diamantina.**

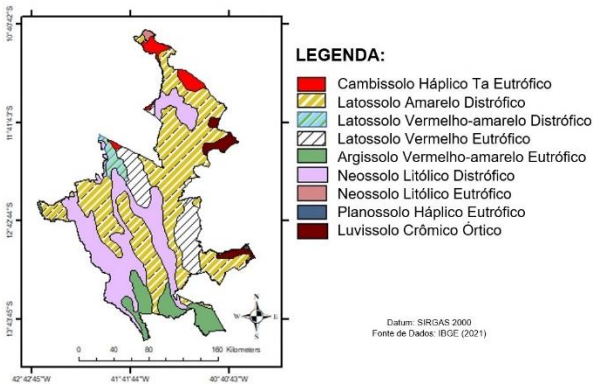



**Figura 5.: Mapa pedológico da Chapada Diamantina.**

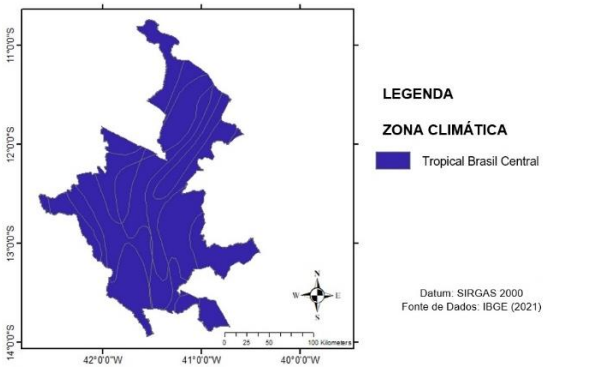



**Figura 6.: Mapa da zona climática da Chapada Diamantina.**

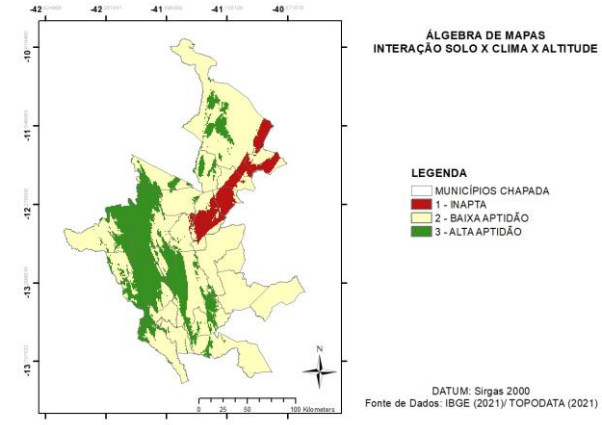



**Figura 7.: Mapa de aptidão agrícola para cafés especiais.**

## 4. DISCUSSÃO

Tomlin [10] cunhou o termo "álgebra de mapas" para indicar o conjunto de operações de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas, A denominação é largamente utilizado no geoprocessamento e sensoriamento remoto.

Neste trabalho houve a concepção e implementação dos operadores zonais no contexto de produção de cafés especiais, demonstrando a viabilidade para a realização de procedimentos de análise espacial.

A operação zonal utilizada foi a média zonal. Consiste em

gerar um mapa de aptidão, com base em atributos físicos ambientais valorados e com proporção de influência sobre o *terroir* de cultivo em análise, onde o valor resultante é igual a média aritmética dos valores das variáveis geográficas que compõe uma região sobre o mapa de origem.

A Chapada Diamantina, em detrimento das condições ambientais e localização, possui características edafoclimáticas únicas. Pelo fato de sitiar em área de transição de biomas e sob influência da altitude. Tais características fazem do espaço geográfico um ecossistema exclusivo e peculiar, que atrelado ao ecoturismo, constituem um cenário perfeito para a produção de cafés especiais.

As relações entre o ambiente e as características sensoriais predominantes nas bebida dos cafés produzidos em algumas regiões brasileiras não é perfeitamente elucidada. Mas é observado que nas regiões com estação seca bem definida, como o Cerrado mineiro, Mogiana Paulista e Chapada Diamantina, os cafés caracterizam-se pelo aroma intenso com notas de chocolate, caramelo e nozes, acidez delicada, corpo moderado, sabor adocicado com finalização longa [3].

A relação da altitude com a temperatura é especialmente importante para as regiões tropicais e subtropicais, onde uma diferença altitudinal de algumas centenas de metros provoca mudanças sensíveis no ambiente, na adaptação da biota e consequente sucesso na introdução de espécies para cultivo agrícola [6]

Diversos estudos associam a cultura do café Arabica a necessidade de altitude para melhor maturação dos frutos. Ao trabalharem com o cultivo de cafeeiro em altitudes distintas comprovaram ainda, que a alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro são influenciados pela altitude. [7]

De maneira geral, observa-se que regiões com temperaturas amenas e altitudes mais elevadas apresentaram maior duração do ciclo (período entre floração e maturação plena). As áreas de maior altitude apresentam condições ideais para a maturação no inverno, sob restrição hídrica e baixas temperaturas [2].

O ciclo fenológico do café no Brasil ocorre da seguinte maneira: florescimento na primavera, frutificação no verão, maturação no outono e colheita no inverno [4]. Quando o ciclo da produção é muito curto ou é interrompido pela colheita, os ácidos clorogênicos fragmentados e o triptofano apresentam gosto amargo e adstringente, ocorrendo a formação da bebida com qualidade inferior. Porém, se o ciclo é longo, as transformações bioquímicas são completadas e ocorre acúmulo de precursores, levando o grão a apresentar características mais favoráveis de bebida. [5]

Os fatores pedológicos e topográficos devem ser considerados no zoneamento da cultura. As áreas com solos pouco desenvolvidos e maldrenados, dentre as unidades pedológicas encontradas, foram consideradas inápitas para o desenvolvimento da cafeitura de alta qualidade, uma vez que intereferem drasticamente no desenvolvimeneto das raízes e consequentemente na disponibilização de nutrientes e disponibilidade hídrica para a planta [8].

Os parâmetros macroclimáticos considerados como favoráveis para a obtenção de bebida fina podem ser altamente influenciados por efeitos oroclimáticos e topoclimáticos. [1]

## 5. CONCLUSÕES

1. O estudo da área, apoiada em informações geotécnicas, permitiu identificar e zonear, através da algebra de mapas, áreas com conjunto de atributos agronomicamente desejáveis.
2. A técnica utilizada demonstrou eficiência em estudos de estimativa de aptidão agrícola a partir de informações edafoclimáticas e mapas temáticos.
3. Áreas potenciais para o cultivo de cafés especiais se encontram em altitudes acima de 1.000m do nível do mar, temperaturas de 15 ºC a 18 ºC, pelo menos um mês do ano, e período de estiagem de 3 a 5 meses no inverno. Compreendem manchas de áreas nos seguintes municípios: Piatã, Rio de Contas, Barra da Estiva, Mucugê, Ibicoara, Seabra, Ibitiara, Boninal, Souto Soares, Bonito e Morro do Chapéu, Iraquara, abaíra e Novo Horizonte.

## 6. REFERÊNCIAS

[1] H. M. R, Alves; M. M. L.,Volpato; T. G. C., Vieira; F. Borém; J. N, Barbosa. Caracteristicas ambientais e qualidade da bebida dos cafés do estado de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 18-29, 2011.

[2] L., Bardin-Camparotto; M. B. P., Camargo; J. F. L., Moraes. Época provável de maturação para diferentes cultivares de café arábica para o Estado de São Paulo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.42, n.4, p.594-599, abr, 2012.

[3] F.M, Borém; D, Friedlander. *Navi-gating origins*. Roast Magazine, Portland, p.94-95, Sept./Oct. 2009.

[4] A.P. de, Camargo; A.R., Pereira. *Agrometeorology of the coffee crop*. Geneva: World Meteorological Organization, 1994. 96p.

[5] J.G., Cortez. Aptidão climática para qualidade de bebida nas principais regiões cafeeiras de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, v.18, p.27-31, 1997.

[6] E., Fritzons; L. E., Mantovani; M. S., Wrege. Relação entre altitude e temperatura: Uma contribuição ao zoneamento climático no Estado de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*. Ano 12 – Vol. 18 – JAN/JUN 2016.

[7] B. G., Laviola; H. E. P., Martinez; L. C. C, Salomão; C. D., Cruz; S. M., Mendonça; A. P., Neto. Assimilates allocation in fruits and leaves of coffee plants cultivated in two altitudes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1521-1530, 2007.

[8] G. C., Sediyama; J. C., Melo Jr; A. R., Santos; A., Ribeiro; M. H., Costa; P. J., Hamakawa; J. M. N., Costa; L. C., Costa . Zoneamento agroclimático do cafeeiro (Coffea arabica L.) para o Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia.* V. 9, n. 3, p. 501-509, 2001.

[9] R., Rhinehart. *What is specialt coffee?*. Specialty coffee association of america, p. 1-2, 2009. Avalilable in . Access in: February 22, 2022.

[10]D., Tomlin. Geographic information systems and Cartographic Modeling. Prentice Hall, New York, 1990.

[11] Yi Peng, Y. E., Roell, A. B., Møller, K., Adhikari, A. Beucher, M. B., M. H., Greve, M. H., Greve. Identifying and mapping terrons in Denmark. *Geoderma*, Volume 363, 2020,114174, ISSN 0016-7061.