

Zoneamento Agroclimático da Seringueira para o estado do Espírito Santo aplicando a lógica *Fuzzy*.

Igor Oliveira Ribeiro¹
Fabricia Benda de Oliveira¹
Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira²
Laís Thomazini Oliveira¹

¹ Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Centro de Ciências Agrárias - CCA
Departamento de Engenharia Rural
Caixa Postal 16 – Guararema - 29500-000 - Alegre - ES, Brasil
igorgeoinformacao@gmail.com
fabriciabenda@cca.ufes.br
lais.thomazini@gmail.com

² Instituto Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Campus São João Evangelista/MG
Avenida Primeiro de junho, 1043 – Centro – 39705-000 - São João Evangelista – MG, Brasil
carlos.oliveira@ifmg.edu.br

Abstract. A major study areas of agricultural sciences is the agrometeorology. From climate information such as average air temperature and water deficit can develop agroclimatic zoning, which is a very important tool in planning land use and optimization of investments. Currently there is an increasing consumption of latex which shows the importance of rubber cultivation in the country, so this work is necessary as it enables the knowledge of suitable areas for cultivation. For this, we used data from average air temperatures and water stress status of the Holy Spirit and a geographic information system to generate maps showing the areas with suitability for deployment of the rubber crop. You can see areas with high aptitude in a range that goes from the southwest to the west-central state and a large area with some restrictions for the crop, defining key areas of expansion in the state.

Keywords: Agroclimatic zoning, fuzzy logic, rubber, air temperature, water deficiency.

Palavras-chave: Zoneamento agroclimático, lógica *fuzzy*, seringueira, temperatura média do ar, deficiência hídrica.

1. Introdução

A seringueira, planta pertencente à família Euphorbiaceae (gênero *Hevea*), fornece a matéria prima para a produção de borracha, o látex, protege e regenera o solo, é uma das plantas que mais retira o gás carbônico da atmosfera, além de produzir uma madeira de ótima qualidade. A borracha é de grande importância em diversos setores como na saúde, na produção de diferentes artefatos e, também, na engenharia, onde é utilizada como isolante térmico, correias transportadoras, vedação, entre outros.

Segundo Macedo et al. (2002), as perspectivas para o mercado da borracha no Brasil são as melhores possíveis, o que se deve não apenas à produção ainda insuficiente para atender ao consumo nacional, mas também à tendência de preços em elevação no mercado internacional, decorrente do aumento do consumo e estabilização da produção mundial.

O estado do Espírito Santo ocupa o quarto lugar no cultivo da seringueira e, tem recebido a atenção do governo que pretende aumentar a área plantada de 10 mil hectares para 75 mil hectares, o que deverá gerar cerca de 20 mil empregos diretos e indiretos. Além disso, a seringueira tem sido utilizada na recuperação de áreas degradadas no estado (INCAPER).

Devido a essa posição de destaque mundial da seringueira, é necessária a elaboração de zoneamentos agroclimáticos a fim de identificar locais aptos à heveicultura que são caracterizados principalmente por climas megatérmico úmido e superúmido (CAMARGO, 1976).

Todavia, muitos dos zoneamentos agroclimáticos para diferentes espécies são desenvolvidos utilizando a modelagem baseada na lógica booleana que é de fácil aplicação, como em trabalhos realizados por Castro (2008), mas na prática é considerada inapropriada, pois nessa classificação são obtidos resultados binários 0 ou 1, ou seja, falso ou verdadeiro. Sabemos que é impossível determinar os valores das propriedades de uma área de forma exata ou precisa e, também, que as fronteiras das unidades dos mapas estão refletindo a existência de mudanças abruptas na paisagem, o que leva áreas com características semelhantes a serem colocadas em lados diferentes nas fronteiras de classificação (BURROUGH, 1989).

Zadeh (1965) propôs a modelagem *fuzzy* que possui uma caracterização mais ampla permitindo a codificação de conhecimentos inexatos, numa forma que se aproxima muito aos processos de decisão (MEIRELLES et al., 2005). Com isso, pode se observar que esta modelagem mostra resultados mais próximos da realidade natural, tornando o processo de conhecimento sobre as áreas aptas à heveicultura mais confiável e menos sujeito a erros.

Devido à grande importância do cultivo da seringueira na economia do Estado o presente trabalho teve como objetivo mostrar as áreas aptas à implantação da cultura da seringueira aplicando a lógica *fuzzy* na elaboração de um zoneamento agroclimático, visando proporcionar maiores informações sobre a mesma e, sobretudo auxiliar nas tomadas de decisão.

2. Metodologia de Trabalho

No presente trabalho foram utilizadas séries históricas de temperaturas médias do ar e deficiência hídrica, em escala mensal e anual, considerando um período de 30 anos de dados (1977-2006), obtidos em 94 pontos de medição pertencentes ao Instituto Capixaba de Pesquisas e Extensão Rural (INCAPER), ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Nacional das Águas (ANA), localizados dentro e fora do estado do Espírito Santo (CASTRO, 2008)

De maneira geral, a maioria dos zoneamentos agroclimáticos realizados utiliza a temperatura do ar e a deficiência hídrica como exigências climáticas de uma cultura para sua implantação em uma determinada região (ASSAD et al., 2001).

Para a elaboração de mapas de zoneamento agroclimático são necessárias algumas etapas importantes, entre elas a caracterização das exigências climáticas da cultura a ser zoneada, o levantamento climático da região estudada com confecção de cartas climáticas básicas e o preparo das cartas finais de zoneamento (PEREIRA, et al., 2002).

Na elaboração dos mapas de temperatura média do ar e deficiência hídrica foi utilizado o banco de dados criado por Castro (2008), obtidos através de equações de regressão para locais onde não existiam tais dados e por meio de balanço hídrico climatológico, respectivamente.

Após o levantamento dos dados das variáveis em estudo estas foram espacializadas para o estado do Espírito Santo, através do *software* ArcGIS 9.3/ArcMap, dando origem ao mapa temático que representa as condições de deficiência hídrica e temperatura média do ar do estado.

Os dados foram espacializados pelo modelo de krigagem esférica utilizando o *software* ArcGIS 9.3/ArcMap pois de acordo com estudos feitos por Castro (2008), este modelo apresentou melhor desempenho para as variáveis em estudo.

Com base em revisões de literatura foi feita a caracterização das condições hídrico-termal ideais para o desenvolvimento e conseqüente produtividade da heveicultura. Após, foram

definidas classes de aptidão, onde a classe apta consiste em temperaturas médias entre 20°C e 23°C e deficiência hídrica de até 200mm.

De posse dos mapas vetoriais das variáveis em estudo, estes foram convertidos para o formato raster, pois é neste formato que o IDRISI Andes efetua as análises *fuzzy*.

No ambiente IDRISI, os mapas em formato raster foram reclassificados para uma escala padrão que oscila entre 0 e 1, em que a faixa 1 representa áreas que expressam o máximo do potencial da cultura, sendo que 0 a área é considerada inapta, ou seja, não atende as exigências climáticas da cultura.

Para fazer a fuzzificação do mapa de deficiência hídrica, foi utilizada a função de pertinência *sigmoidal monotonically decreasing* (Figura 1a), em que determinou-se como ponto de controle o valor referente a 200mm. Para o mapa de temperatura média foi utilizada a função *sigmoidal symmetric* (Figura 1b), em que os pontos de controle são valores referente a 20°C e 23°C.

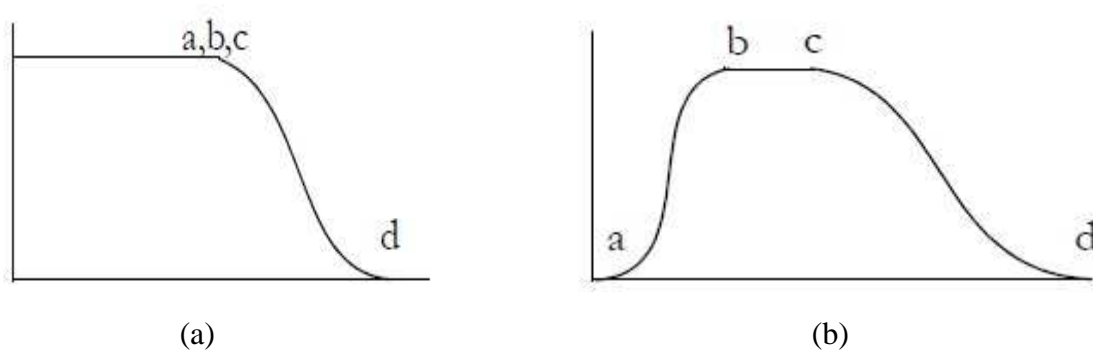


Figura 1 – Funções de pertinência utilizadas nas análises fuzzy de (a) deficiência hídrica - *sigmoidal monotonically decreasing* e de (b) temperatura média do ar - *sigmoidal symmetric*.

Para o zoneamento agroclimático da seringueira aplicando a lógica *fuzzy* foi utilizado o *software* Idrisi Andes, definindo a adequabilidade para a implantação da cultura variando entre 0 (zero), totalmente inapto, e 1 (um), totalmente apto.

3. Resultados e Discussão

A figura 2(a) e 2(b) apresentam os mapas temáticos de temperatura média anual e deficiência hídrica anual para o estado do Espírito Santo, respectivamente, oriundos da espacialização dos dados de uma série histórica de 30 anos (1977-2006).

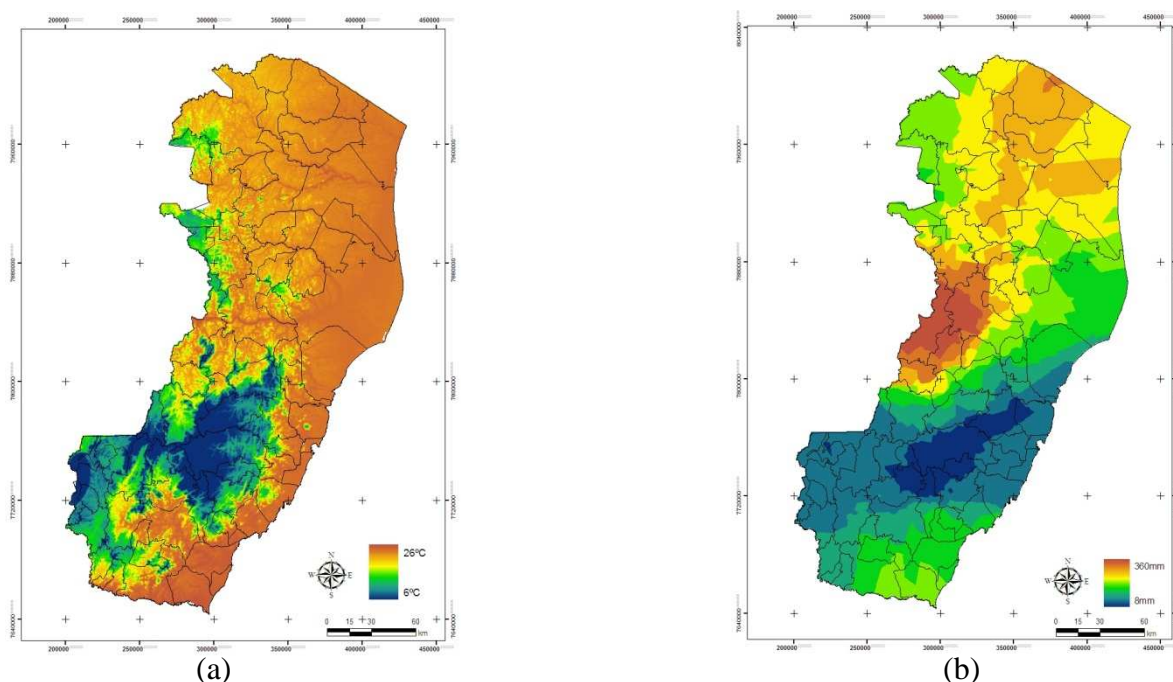


Figura 2 – Mapas temáticos usados como base para o zoneamento da seringueira, em que (a) representa a temperatura média anual e (b) a deficiência hídrica anual.

De acordo com os dados apresentados acima, observa-se que a região que se estende do sudoeste até o centro-oeste apresenta faixas de temperatura entre 20°C e 23°C, e grande parte do estado apresenta deficiência hídrica igual ou inferior a 200mm.

Os mapas temáticos apresentados acima foram utilizados como base para fazer o zoneamento agroclimático da seringueira para o estado do Espírito Santo no *software* IDRISI Andes aplicando a lógica *fuzzy*.

A figura 3 apresenta o grau de pertinência, sendo que quanto mais próxima de 1 (um) mais apta é a área para o cultivo da seringueira de acordo com as variações dos dados climatológicos ao longo do estado, após a aplicação da lógica *fuzzy*.

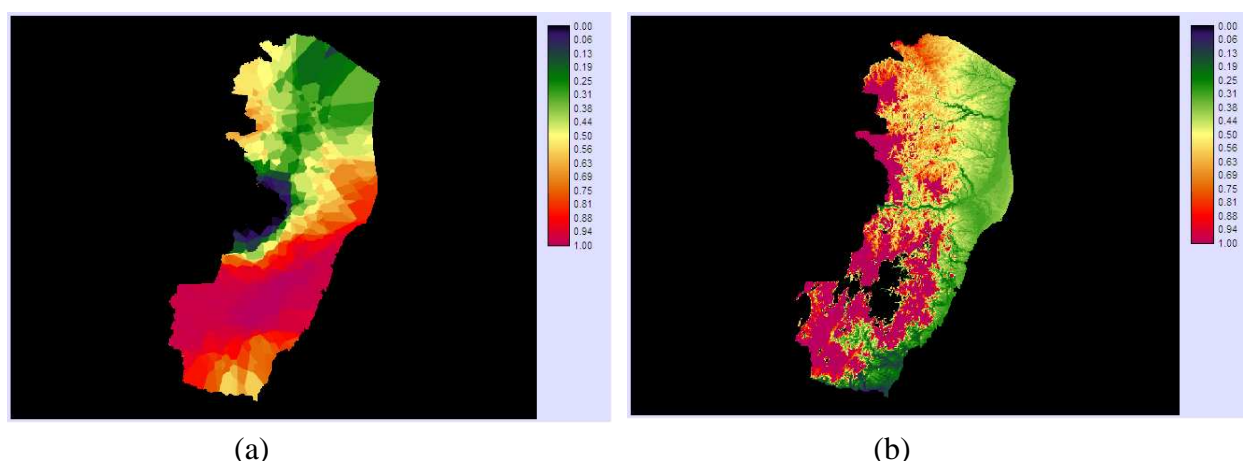


Figura 2 – Mapas temáticos após a aplicação da lógica *fuzzy*, em que (a) representa a deficiência hídrica e (b) a temperatura média anual do ar para o plantio da seringueira.

Após a fuzzificação das variáveis estas foram sobrepostas através da ferramenta *Gis Analysis > Database Query > Overlay*, pelo método de multiplicação no ambiente IDRISI. Assim, obteve-se o mapa com a classificação das áreas quanto a aptidão para o

desenvolvimento da heveicultura, que mostra as classes de aptidão que variam em um intervalo de 0 (zero) a 1 (um), em que a faixa 1 representa áreas que expressam o máximo potencial da cultura, sendo que zero a área é considerada inapta, ou seja, não atende as exigências climáticas da cultura. Isto se deve ao fato de que nas regiões com valores abaixo de 1 as variáveis em estudo não atendem adequadamente as exigências climáticas da heveicultura.

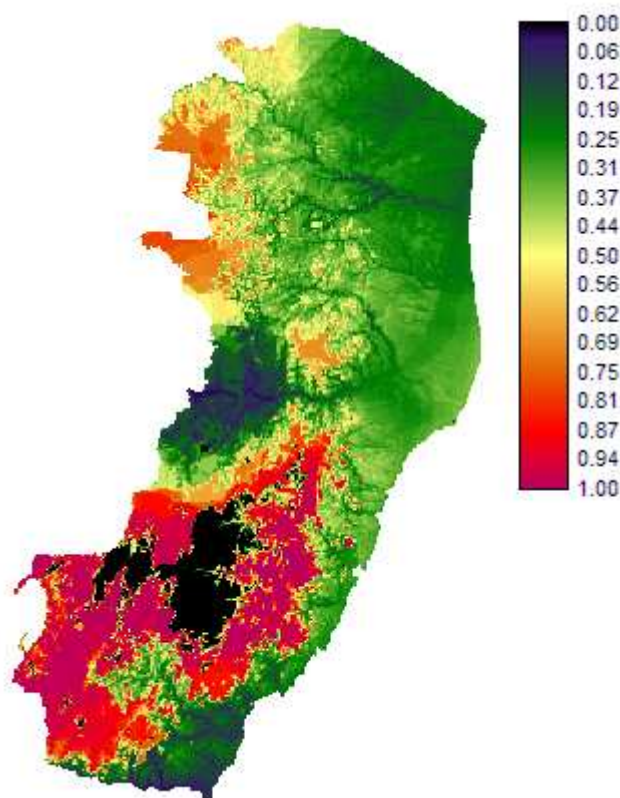


Figura 3 – Zoneamento agroclimático da seringueira para o estado do Espírito Santo.

4. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o zoneamento agroclimático da seringueira para o estado irá contribuir para tomadas de decisão e melhoria da produtividade da mesma.

Através deste trabalho é possível que pesquisadores e produtores possam tomar decisões para implantar um plantio de seringueira em áreas com maior adequabilidade para o seu desenvolvimento de acordo com fatores térmico e hídrico, bem como, estimar a produtividade de acordo com o grau de adequabilidade das exigências da cultura.

Os resultados obtidos apresentam um grau de similaridade com a delimitação das faixas de aptidão realizado por Camargo et al. (2003), uma vez que a metodologia e a base de dados utilizada neste trabalho difere desse autor.

É possível observar que na região do litoral como a temperatura e o déficit hídrico possuem altos valores, essas áreas são pouco aptas para o plantio dessa cultura. Por outro lado, em relação a essas duas variáveis climáticas, a região sul do estado mostrou-se adequada para o plantio da cultura.

É importante salientar que uma alta deficiência hídrica causa a redução do turgor dos vasos laticíferos e, conseqüentemente, diminui a produção de látex o que torna a heveicultura

inviável economicamente (RAO et al., 1990). Por isso, em lugares onde a temperatura é favorável (20°C a 23°C) e a deficiência é desfavorável (>200 mm), e vice-versa, há uma diminuição do desenvolvimento e produtividade da heveicultura.

No entanto, se considerarmos outras variáveis de grande peso como os fatores edáficos e os tratos silviculturais a adequabilidade ao longo do estado aumenta, favorecendo o potencial produtivo da cultura.

Referências Bibliográficas

Assad, E.D. et al. Zoneamento agroclimático para a cultura 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.

Burrough, P.A. *Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation*. Journal of Soil Science, Osney Mead, UK, v.40, p.477-492, 1989.

Camargo, A.P. *Aptidão climática para a heveicultura no Brasil*. **Ecosistema**, v.1, p.6-14, 1976.

Castro, F. S. Zoneamento agroclimáticos para a cultura do Pinus no estado do Espírito Santo. Alegre, 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.

INCAPER. Governo lança Programa de Expansão da Heveicultura durante o V Simpósio Capixaba de Seringueira. Disponível em: < http://www.incaper.es.gov.br/?a=noticias/2009/abril/noticias_14_04_2009>. Acesso em : 20 mai 2010.

Macedo, R. L. G. et al. *Introdução de clones de seringueira no Nordeste do Estado de Minas Gerais*. Cerne, Lavras, v.8, n.1, p. 124-133, 2002.

Meirelles, M.S.P.; Bueno, M. do C.D.; Dias, T.C.S.; Coutinho, H.L. da C.. Sistema de suporte a decisão para avaliação do risco de impactos ambientais em bacias hidrográficas por redes de dependência e lógica *fuzzy*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia p. 2259-2266.

Pereira, A.R.; Angelocci, L.R.; Sentelhas, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

Rao, G.G. et al. Influence of soil, plant and meteorological factors on water relations and yield in *Hevea brasiliensis*. **International Journal of Biometeorology**, 34, p. 175-180, 1990.

Zadeh, L.A. *Fuzzy sets and systems*. Systems theory. New York, Brooklyn Institute, 1965. p. 29-39.