

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**FERNANDO JOSÉ PEREIRA FERREIRA**

**DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO DE TEXTURA MÉDIA PARA O MILHO  
EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA BALSAS – MA.**

**IMPERATRIZ – MA  
2023**



**FERNANDO JOSÉ PEREIRA FERREIRA**

**DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO DE TEXTURA MÉDIA PARA O MILHO EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA BALSAS – MA.**

Artigo apresentado ao curso de Especialização *Latu sensu* em Ciências Ambientais, da Universidade Estadual da Região Tocantina Maranhão - UEMASUL, para obtenção de título de especialista em Ciências Ambientais.

**Orientadora:** Prof. Dr. Zilmar Timoteo Soares



F383d

Ferreira, Fernando José Pereira

Disponibilidade de água no solo de textura média para o milho em cenários de mudanças climáticas para Balsas – Ma / Fabio Neves Ribeiro – Imperatriz, MA, 2024.

8 f. il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2024.

1. Água. 2. Balanço Hídrico. 3. Temperatura. I. Título.

CDU 504

**CRB- MA 13/729**



## **DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO DE TEXTURA MÉDIA PARA O MILHO EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA BALSAS – MA.**

**Fernando José Pereira Ferreira<sup>1</sup>, Zilmar Timoteo Soares<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo Mestrando em Agronomia/Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Fone: (98) 9 88492311, E-mail: [Fernando.ferreirafe@gmail.com](mailto:Fernando.ferreirafe@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor Dr. Assistente III do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Maranhão, Brasil

**RESUMO:** Um dos principais fatores pelas instabilidades e insucessos das safras agrícolas no Brasil é o clima. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade hídrica para o cultivo do milho frente a mudanças climáticas para a região de Balsas-MA. Utilizou-se o modelo regional Eta, desenvolvido na Universidade de Belgrado, que é empregado operacionalmente pelo National Centers for Environmental Prediction (NCEP), com resolução espacial de 20 km. Foram obtidas as informações definidas apenas para o estado do Maranhão, avaliando as simulações do clima presente e analisando suas projeções entre 2020 e 2049, considerando dois cenários de emissão um intermediário (mais otimista), o RCP 4.5 e outro pessimista, o RCP 8.5. Para a determinação da disponibilidade hídrica para a cultura do milho, nos cenários atuais e futuro, utilizou-se o programa computacional SARRAZON - Sistema de Análise Regional de Risco Agroclimático. Foram feitas projeções com 2<sup>o</sup> datas de plantios, portanto abrangeu os meses de outubro e abril para o solo do tipo argiloso. Os dados de projeção apontam que em um período de tempo a deficiência hídrica será a níveis consideráveis, impedindo o desenvolvimento da cultura, tanto nos cenários otimista 4.5 quanto no pessimista 8.5.

**PALAVRAS-CHAVE:** Balanço hídrico. Evapotranspiração. Temperatura.

## **WATER AVAILABILITY IN THE CLAY SOIL FOR MAIZE IN CLIMATE CHANGE SCENARIOS FOR BALSAS – MA.**

**ABSTRACT:** One of the main factors behind the instability and failure of agricultural crops in Brazil is the weather. Thus, the objective of this work was to evaluate the water availability for corn cultivation in the face of climate change in the region of Balsas-MA. The Eta regional model, developed at the University of Belgrade, which is operationally employed by the National Centers for Environmental Prediction (NCEP), with a spatial resolution of 20 km, was used. The information defined only for the state of Maranhão was obtained, evaluating the current climate simulations and analyzing its projections between 2020 and 2049, considering two emission scenarios, one intermediate (more optimistic), RCP 4.5 and the other pessimistic, RCP 8.5. To determine the water availability for the corn crop, in current and future scenarios, the computer program SARRAZON - Regional Analysis of Agroclimatic Risk System was used. Projections were made with 7th planting dates, one date each month, therefore ranging from October to April for clay soil. The projection data indicate that over a period of time the water



deficit will be at considerable levels, preventing the development of the crop, both in the optimistic 4.5 and the pessimistic 8.5 scenarios.

**KEYWORDS:** Hydric balance. Evapotranspiration. Temperature.

## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea pertencente à família *Poaceae*. Conforme Paterniani et al. (2000), determina-se que seja a América Central ou o México a região de origem do milho, desenvolvido há 8 ou 10 mil anos. O Brasil é o terceiro maior produtor de milho no cenário mundial, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos. A estimativa é de que a safra agrícola de 2019 deverá totalizar 105,2 milhões de toneladas, uma alta de 1,0% em relação ao resultado de 2018, conforme o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), (IBGE, 2020).

De acordo com o último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) as mudanças nas temperaturas globais estão sendo ocasionadas cada vez mais pela ação antrópica, e a combustão ou queimas de todos os combustíveis fósseis, de modo que estes continuam sendo os grandes responsáveis por estas alterações, o que o torna uma problemática de caráter global. O relatório aponta ainda que, para manter o aumento médio da temperatura abaixo de 2°C até o ano de 2100, serão necessárias grandes mudanças na matriz energética dos países com reduções significativas nas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) nas próximas décadas (IPCC 2014).

Segundo Castro (2012), a agricultura nordestina possui grande variabilidade, tanto nas culturas exploradas, quanto na tecnologia empregada para a produção agrícola, o que aliado à irregularidade climática, como os anos de secas e chuvas intensas que se alternam de formas erráticas, dificulta o desenvolvimento, levando à deterioração do solo e da água. Isso evidencia uma melhor compreensão do padrão climático das localidades do Nordeste. O método de estimativa do balanço hídrico climatológico (BHC) proposto por Thornthwaite e Mather (1955) é uma ferramenta de monitoramento de armazenamento de água no solo, largamente utilizada como instrumento de planejamento estratégico agrícola no âmbito do gerenciamento dos recursos hídricos.

Desta forma, esse estudo, será de grande importância para a agricultura da região, permitindo ao produtor um planejamento mais efetivo das atividades no campo no sentido de minimizar os riscos de quebra de safra agrícola. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar

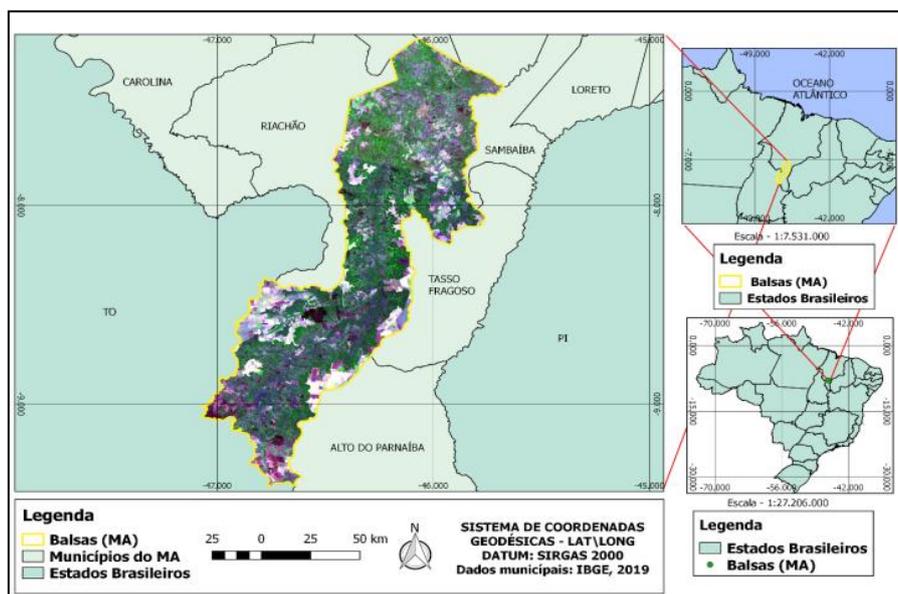


a disponibilidade hídrica para o cultivo do milho frente a mudanças climáticas para a região de Balsas – MA.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização Geográfica da área de estudo

O município de Balsas/MA está localizado na região Sul do Estado do Maranhão, como mostra a Figura 1, possui com uma população de aproximadamente 83.528 habitantes e extensão territorial de 13.199,7 km.



**Figura 1.** Mapa de localização do município de Balsas/MA

### Projeções de temperatura do ar

Por ser um estudo regionalizado foi utilizado uma versão aprimorada do modelo regional Eta, desenvolvido na Universidade de Belgrado, que é empregado operacionalmente pelo National Centers for Environmental Prediction (NCEP), com resolução espacial de 20 km lat-lon e 38 níveis verticais, cobrindo a área da América do Sul, América Central e oceanos adjacentes.

O cenário RCP 4.5, aqui considerado como intermediários (mais otimista), compreende uma condição de estabilização da demanda energética mundial, programas de reflorestamento fortes e políticas climáticas rigorosas. Considera ainda, com relação às emissões de gases efeito estufa, a estabilização das emissões de metano, porém com leve



aumento das emissões de CO<sub>2</sub> até 2040, com valor máximo atingido de 650 ppm equivalente na segunda metade do século XXI. Por outro lado, o cenário RCP 8.5, aqui considerado como pessimista, considera um futuro com crescimento contínuo da população e desenvolvimento tecnológico lento e acentuadas emissões de CO<sub>2</sub>. Em termos de emissões de gases do efeito de estufa, considera a não priorização a redução das emissões, com uma forte dependência de combustíveis fósseis. Em termos de emissões de gases do efeito de estufa, considera a não priorização a redução das emissões, com uma forte dependência de combustíveis fósseis, (TAYLOR; STOUFFER; MEEHL, 2012).

### **Disponibilidade hídrica para a cultura do milho**

Para a determinação da disponibilidade hídrica para a cultura do milho, nos cenários atuais e futuro, utilizou-se o programa computacional SARRAZON - Sistema de Análise Regional de Risco Agroclimático, Baron et al., (1996), que representa um modelo agrometeorológico que interrelaciona clima-solo-cultura. Os principais parâmetros de entrada no programa são:

- a) Agroclimáticos: a precipitação pluvial e a evapotranspiração potencial;
- b) Solo: Água Disponível - AD e Capacidade de Água Disponível-CAD, determinada pela expressão (1):

$$\text{CAD} = \text{AD} \times \text{Pe} \quad (1)$$

Em que Pe corresponde a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura do milho. Neste estudo foi utilizado Pe de 40 cm. Foi considerada a classe de solo de textura média, segundo (EMBRAPA 2006):

1. Textura média, com teor de argila variando entre 15% e 35% (Latosolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro), com AD = 1,2 mm/cm, o que representa uma CAD = 48 mm;

A avaliação da disponibilidade de água para o cultivo do milho foi realizada pelo Índice de Satisfação das Necessidades de Água – ISNA, representado pela relação entre a evapotranspiração real e a máxima da cultura, ou seja, a relação entre a quantidade de água que a planta efetivamente consumiu e a quantidade de água desejável para garantir a produtividade máxima da cultura (ASSAD et al., 1998).



As simulações do balanço hídrico foram estabelecidas a partir do início da estação chuvosa da região, determinada pelo método de Kassam (1979), com início 30 dias antes do plantio e fim 30 dias depois do final do ciclo produtivo, conforme descrito na Tabela 1.

Início da simulação	Plantio	Colheita	Fim da simulação
15/09	15/10	12/02	14/03
15/03	15/04	13/08	12/09

**Tabela 1.** Períodos de simulação e datas de plantio

Foram consideradas três classes de ISNA para a cultura do milho:

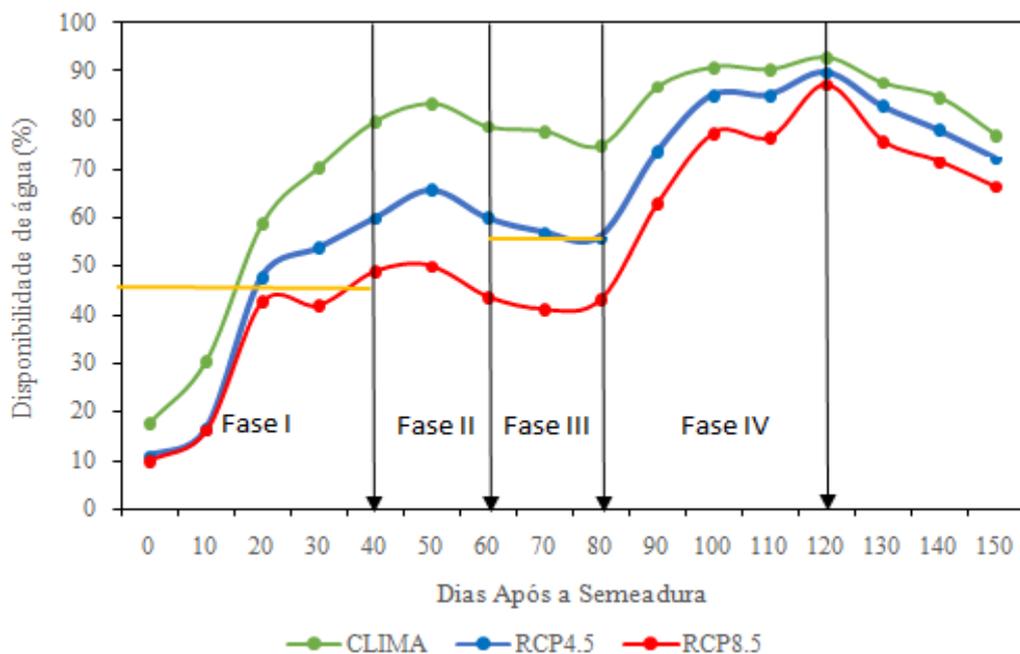
- $ISNA > 0,55$  – a semeadura é favorável naquela data;
- $0,45 < ISNA < 0,55$  – risco intermediário para a semeadura naquela data;
- $ISNA < 0,45$  – alto risco de perdas agrícolas para aquela data, sendo, portanto, considerada desfavorável.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os plantios realizados no dia 15 de outubro, conforme mostrado na Figura 3 observa-se aumento progressivo da disponibilidade hídrica para o cultivo milho na fase I - semeadura/emergência até a metade da fase II - desenvolvimento vegetativo do ciclo produtivo nos três cenários analisados. Entre o início da fase de desenvolvimento vegetativo e o fim da fase de floração e enchimento de grãos há uma estabilidade na disponibilidade hídrica. Na fase IV - Maturação/colheita observa-se aumento da disponibilidade hídrica nos três cenários analisados. Portanto, os plantios realizados no dia 15 de outubro apresentam restrição hídrica na fase inicial do ciclo produtivo nos três cenários analisados, o que pode inviabilizar a semeadura. Haverá restrição hídrica na fase de floração e enchimento dos grãos considerando a projeção futura para o cenário pessimista, porém, em relação à climatologia e o cenário

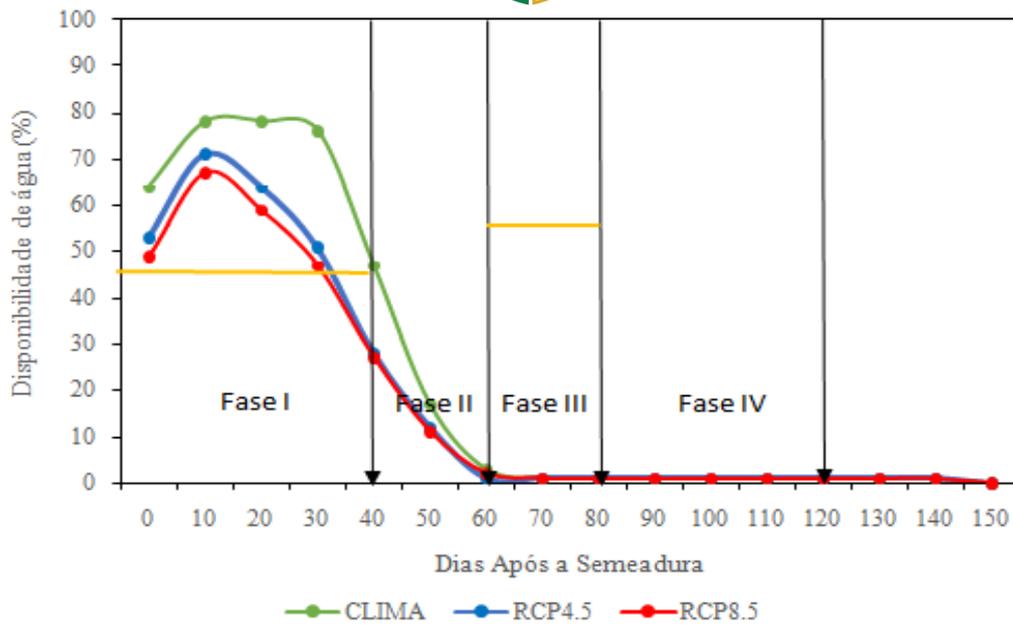


otimista, há disponibilidade hídrica para a manutenção da fase de floração e enchimento de grãos.



**Figura 3** – Disponibilidade hídrica para o cultivo de milho na região Sul do estado do Maranhão para plantio em solo de textura média realizado em 15 de outubro.

Para plantios realizados no dia 15 de abril, conforme mostrado na Figura 4 observa-se disponibilidade hídrica para a climatologia e no limite para o cenário 4.5 e a partir do 20º e 30º dia após o plantio consecutivamente, observa-se uma queda da disponibilidade hídrica para todos os cenários e que se mantém por todo o desenvolvimento da cultura com índices de valores do ISNA, baixíssimos, o que mostra um forte problema, com o plantio sendo feito em abril, não tem água suficiente para prosseguir com o desenvolvimento da cultura, em todas as projeções, e mostra uma forte estiagem durante este período. Portanto, os plantios realizados no dia 15 de abril apresentam disponibilidade hídrica até certo ponto para o cenário da climatologia e logo se torna inviável para os outros cenários. Logo o indicado, é fazer uso do safrinha, entrar com tecnologia de irrigação para suprir a necessidade de água.



**Figura 4** – Disponibilidade hídrica para o cultivo de milho na região Sul do estado Maranhão para plantio em solo de textura média realizado em 15 de abril.

## CONCLUSÕES

Os dados de projeção apontam que em um período de tempo a deficiência hídrica será a níveis consideráveis, impedindo o desenvolvimento da cultura, tanto nos cenários otimista 4.5 quanto no pessimista 8.5.

Além disso, mostra que existe uma variabilidade dependendo da época de plantio, quanto mais tarde for à época de semeadura, maior será a dificuldade que a cultura terá para se desenvolver, tendo em vista que terá uma menor disponibilidade hídrica na região e dificultará em níveis de produção fora dos padrões exigidos da cultura.



## REFERÊNCIAS

ASSAD, E.D., SANO, E.E., BEZERRA, H.S. et al. **Uso de modelos numéricos de terreno na espacialização de épocas de plantio**. In: ASSAD, E.D., SANO, E.E. *Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na agricultura*. Brasília: EMBRAPA-SPI/Embrapa Cerrados, 1998. p.311-327.

CASTRO, C. N. *A agricultura no Nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento*. BRASÍLIA: IPEA, 2012 (Texto para Discussão do IPEA n. 1786).

IBGE – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), 2020. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agenciadenoticias/releases/24363-em-abril-ibge-preve-alta-de-2-2-na-safra-de-graos-de-2019>> Acesso em: 12 out. 2020

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

PATERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. X.; O valor dos recursos genéticos do milho para o Brasil. In. UDRY, C. V.; DUARTE, W.; **Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos**. Brasília: Paralelo 15, 2000.

KASSAM, A. H.; BENTVELSEN, C. L. M.; BRANSCHIED, V.; PLUSJÉ, J.M.G.A.; SMITH, M.; UITTENBOGAARD, G.O.; VAN DER WAL, H. K. **Yield response to water**. (Irrigation and Drainage Paper, 33) Rome: FAO, 193p. 1979.

TAYLOR, K. E.; STOUFFER, R. J.; MEEHL, G. A. An overview of CMIP5 and the experiment design. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 4, p. 485–498, 2012.

THORTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. The water balance. *Publications in Climatology*. New Jersey: Drexel Institute of Technology; 1955, p. 104