

**ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA MANDIOCA (*Manihot esculenta*
Crantz) PARA O ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL (MS), BRASIL**

**Gabriel Henrique de Olanda Souza,
IFMS - Campus Naviraí,
gabriel.hosza@gmail.com**

**Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido,
IFMS - Campus Naviraí,
lucas.aparecido@ifms.edu.br**

**José Reinaldo da Silva Cabral de Moraes,
IFMS - Campus Naviraí,
jose.moraes@ifms.edu.br**

**Cicero Teixeira Silva Costa,
IFMS - Campus Naviraí
cicero.costa@ifms.edu.br**

RESUMO

O objetivo deste estudo foi realizar o zoneamento agroclimático da mandioca para o estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil. Foram analisadas informações sobre as necessidades climáticas da mandioca, estabelecendo classes de capacidade de desenvolvimento da cultura. Dados correspondentes a 30 anos (1988-2018) foram obtidos através da plataforma *National Aeronautics and Space Administration/Prediction of Worldwide Energy Resources* - NASA/POWER, referentes a temperatura do ar (T) e precipitação anual (P). Com a combinação das duas variáveis é que se definiu o zoneamento agroclimático. Foram consideradas áreas aptas quando T se apresentou entre 20 e 27 °C e P entre 1.000 e 1.500 mm. Logo, prevê-se a melhoria da prontidão do estado do Mato Grosso do Sul (MS) em responder às variabilidades climáticas regionais, reduzindo a vulnerabilidade, servindo como subsídio, e adaptação dos sistemas de manejo de acordo com as classes de aptidão da cultura no estado sul-mato-grossense. Obteve-se um resultado expressivo e propício ao cultivo da mandioca, a região apresentou áreas com ligeiras restrições ao excesso de chuva (± 143 mm) e temperatura elevada ($\pm 0,6$ °C), tal fato não deve comprometer a expansão de novas áreas, crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em MS.

Palavras-chave: Clima; Agricultura; Modelagem climática; Temperatura; Precipitação.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca é a quarta cultura alimentar mais importante do mundo e a principal na região tropical. Sua produção mundial corresponde a 291,99 milhões de toneladas, sendo que o maior produtor é a Nigéria com 59,49 milhões de toneladas, seguido por República Democrática do Congo, Tailândia, Indonésia e Brasil (OTEKUNRIN e SAWICKA, 2019).

O Brasil tem uma produção de 18,87 milhões de toneladas de raiz de mandioca que é cultivada em uma área de 1.314.851 hectares (OTEKUNRIN e SAWICKA, 2019). A região Centro-Oeste corresponde a um total de 63.997 hectares colhidos e produção equivalente a 1.188.290 toneladas, sendo que as maiores produções se encontram nas regiões Norte (7.434.781 t), Nordeste (5.172.156 t), Sul (4.556.462 t) e Sudeste (2.254.348 t) (FERNANDES, 2018).

O estado de Mato Grosso do Sul (MS) possui 31.840 hectares em área plantada, com produção de 695.783 toneladas e produtividade de 21.852,48 toneladas/hectare. Em comparação com os 26 estados brasileiros e o Distrito Federal, o MS ocupa o 12º lugar em área plantada, 10º lugar em produção e 6º lugar em produtividade (FERNANDES, 2018).

O MS é uma potência no agronegócio, se destaca com áreas de condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da agricultura (MISSIO e RIVAS, 2019). Diversas culturas são implantadas MS, Brasil, sendo as principais, a soja, cana-de-açúcar, milho e a mandioca (IBGE, 2017). Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi realizar o zoneamento agroclimático da mandioca para o estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A agricultura é a atividade econômica mais dependente das condições climáticas apresentando relação direta em todas as etapas da produção agrícola (MORENO *et al.*, 2016). O clima é o principal regulador da produção agrícola (EMBRAPA 2018), pois influencia o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas, como também a relação das plantas com microrganismos, insetos, fungos e bactérias,

favorecendo ou não a ocorrência de pragas e doenças, o que demanda medidas de controle adequadas (BERGAMASCHI e BEGONCI, 2017). A variabilidade climática deve ser considerada na avaliação do impacto da mandioca (ADEJUWON e OGUNDIMINEGHA, 2019).

Estudos das relações entre clima e a produção agrícola são importantes para explicar as influências da variabilidade interanual dos elementos climáticos em nosso meio, fornecendo subsídios ao planejamento rural (BRITO *et al.*, 2019). Devido às grandes variações nas condições climáticas, é recomendável que antes de se realizar qualquer cultivo se verifique ou realize o zoneamento agroclimático (SINGH *et al.*, 2015). Tendo em vista que o mesmo identifica as áreas aptas ao cultivo de determinada cultura, auxiliando no aumento da exploração dessa em uma determinada região (FIORIN e DAL ROSS, 2015). A temperatura é a principal variável meteorológica a ser considerada nos zoneamentos agroclimáticos, juntamente com a chuva (RICHARDSON *et al.*, 2017).

A faixa de temperatura do ar requerida para a exploração comercial da cultura da mandioca é entre 16 e 38 °C, sendo a faixa ideal entre 20 e 27 °C, temperaturas inferiores a 15 °C afetam sua produtividade (GOMES JÚNIOR, 2018; MARQUES, 2020). A exportação da sacarose das folhas e a síntese de amido nas raízes são afetadas negativamente sob temperaturas do ar próximas de 40 °C (RAVI *et al.*, 2008), além do que temperaturas elevadas podem desviar a rota de fotoassimilados para lignificação (AMTHOR, 2003). Para a mandioca o fotoperíodo ideal situa-se em torno de doze horas (LEBOT, 2020).

A planta de mandioca necessita solos bem drenados para potencializar seu desenvolvimento e rendimento de raízes (ANIKWE e IKENGANYA, 2018). A exigência hídrica da mandioca é de 1.000 a 1.500 mm anual⁻¹, com boa distribuição durante seis a oito meses do ciclo vegetativo (GHINI *et al.*, 2011; MARQUES, 2020).

Em regiões tropicais, a mandioca produz em locais com índices de até 4.000 mm ano⁻¹, sem estação seca em nenhum período do ano, no entanto, é importante que os solos sejam bem drenados para não ocorrer encharcamento e favorecer a podridão de raízes (MUNIZ, 2018). Uma vez estabelecida, a mandioca pode ser cultivada em áreas com índice pluviométrico anual médio de apenas 400 mm (SÉRY *et al.*, 2016), é importante adequar à época de plantio (MITHRA *et al.*, 2018), rendimentos muito mais altos podem ser obtidos com volumes maiores de água (FAO, 2013).

Embora a mandioca seja considerada uma espécie tolerante à seca, o crescimento e rendimento são reduzidos por prolongados períodos de déficit hídrico (PINHEIRO, 2019). O período crítico do efeito do déficit hídrico na mandioca é de um a cinco meses após o plantio (SHAN, 2018), podendo reduzir o rendimento das raízes de 32 a 60% (KENGKANNA *et al.*, 2019). Pois ocorre uma redução do crescimento da parte aérea, sendo o crescimento de folhas e hastes mais prejudicado comparado ao crescimento de raízes (MÉLO NETO *et al.*, 2018).

O zoneamento agroclimático é a delimitação da aptidão das regiões de cultivo quanto ao fator clima em escalas macroclimáticas e regionais (COELHO, 2016). Nesse contexto, esses locais caracterizam a maior probabilidade possível de sucesso em termos de produtividade (PEZZOPANE, 2012). Portanto, pesquisas que estabelecem os locais adequados para a implementação dos cultivos em uma determinada região, podem contribuir para o planejamento de políticas públicas que beneficiam o desenvolvimento socioeconômico da região (WOLLMANN e GALVANI, 2013; KIPLING *et al.*, 2019). Além disso, os agricultores podem reduzir riscos de perda de seus cultivos por meios de tomadas de decisão (BRACALE, 2012).

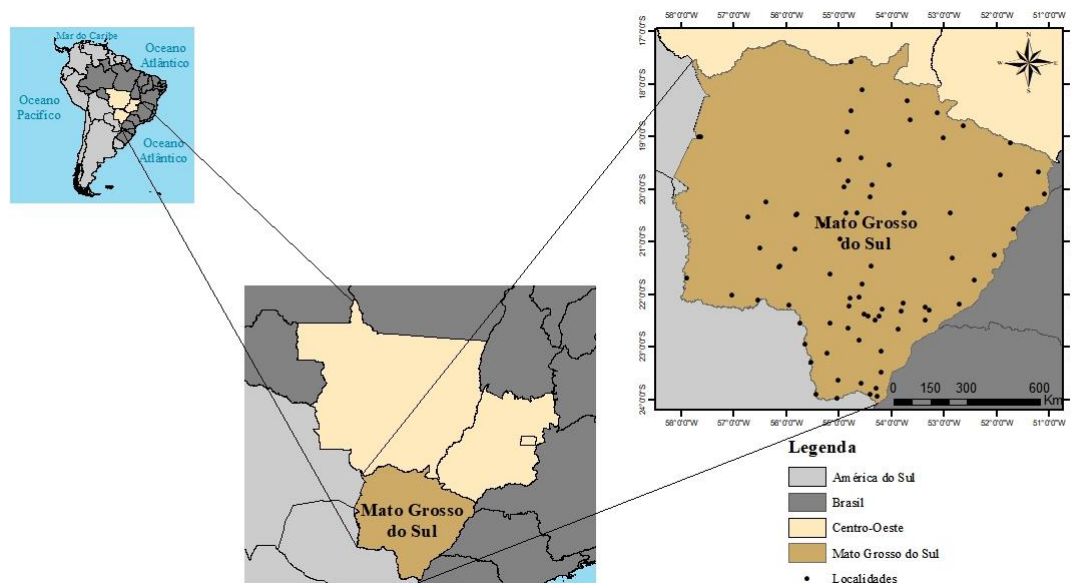
Trabalhos sobre zoneamentos agroclimáticos são comumente encontrados na literatura, por exemplo, Francisco *et al.* (2017), que realizou a aptidão climática da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para o estado da Paraíba. Outro exemplo é o trabalho de Matos *et al.* (2019) com a aptidão agroclimática para o cultivo da mandioca no município de Barbalha-CE, ambos identificaram áreas que favorecem ou não a expansão de cultivo, crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca. Dessa forma, se faz importante uma avaliação prévia do zoneamento agroclimático como representação das condições de cultivo da mandioca no estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil, que se situa como uma importante região na produção agrícola.

3. METODOLOGIA

O estudo foi realizado no estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil, que dispõe de uma área de 357.145,531 km² (IBGE, 2010), correspondendo a 79 localidades (Figura 1). O clima predominante da região de MS de acordo com a classificação de Köppen caracteriza-se por Aw (temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno) com

45,6% e Am (temperaturas elevadas com alto índice pluviométrico) com 36,6%, representando 82,2% da área total, os outros 17,8% refere-se aos climas Cfa (11,2%), e Af (6,6%) (CAVALCANTI, 2009; ALVARES *et al.*, 2013).

Figura 1. Mapa representativo da América do Sul, Brasil, Centro-Oeste e em destaque o estado de Mato Grosso do Sul (MS) e suas localidades.



Fonte: Autor próprio.

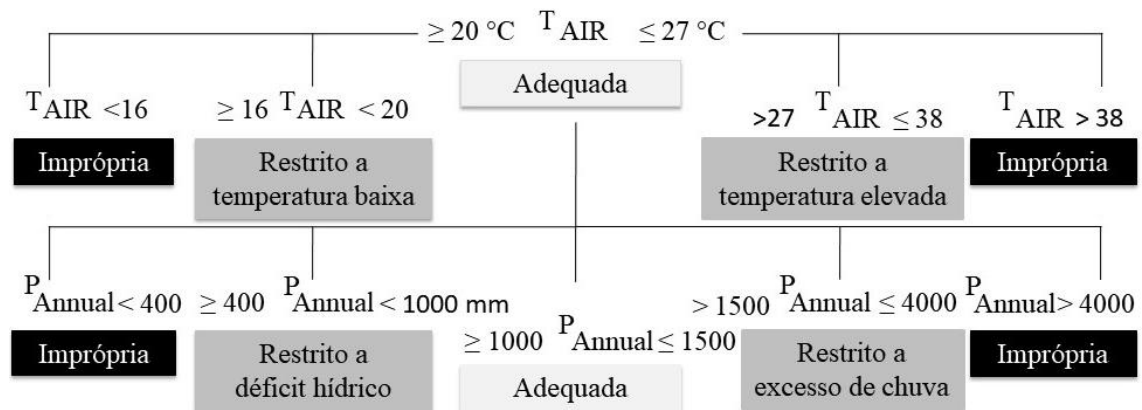
Foi utilizada uma série histórica de 30 anos (1988 - 2018) com dados de temperatura do ar e precipitação anual, obtidas pela plataforma *National Aeronautics and Space Administration/Prediction of World Wide Energy Resources* - (NASA/POWER; <https://power.larc.nasa.gov/>), em escala diária. A plataforma fornece informações meteorológicas em grids com resolução espacial de 1°, correspondendo aproximadamente 110,57 km (STACKHOUSE *et al.*, 2016; NASA-POWER, 2019).

Foi realizado o zoneamento agroclimático para avaliar o potencial de cultivo da mandioca para o MS, Brasil. As variáveis climáticas selecionadas foram devidas sua maior importância para a cultura, sendo, a temperatura do ar média (T_{AIR}) e precipitação anual (P_{Annual}) (AKINWUMIJU *et al.*, 2017; ROP e IB, 2017). As classes de aptidão climática para o cultivo foram estabelecidas pela combinação das duas variáveis climáticas (LOPES *et al.*, 2008; PERIN *et al.*, 2015).

As temperaturas do ar (T_{AIR}) limites requeridas para a exploração comercial da

cultura da mandioca situa-se entre mínima de 16 °C e máxima de 38 °C, havendo restrições a temperaturas baixas (16 - 20 °C) e a temperaturas elevadas (27 - 38 °C). A faixa ideal para o cultivo de mandioca é entre 20 e 27 °C, regiões que demonstraram T_{AIR} inferior a 16 °C e superior a 38 °C foram consideradas inaptas. Em relação a precipitação pluvial (P_{Annual}) para a exploração comercial da mandioca necessita-se que o regime hídrico apresente-se de 400 a 4.000 mm, havendo restrições ao excesso de chuva (1.500 - 4.000 mm) e déficit hídrico (400 - 1.000 mm), sendo sua faixa ideal de 1.000 a 1.500 mm, regiões com precipitações inferiores a 400 mm e superiores a 4.000 mm foram consideradas inaptas (SÉRY *et al.*, 2016; ANTWI *et al.*, 2017; MITHRA *et al.*, 2018; PIPATSITEE *et al.*, 2018; ANIKWE e IKENGANYA, 2018; PINHEIRO, 2019; MARQUES, 2020). Idealizou-se a chave de classificação climática para a cultura da mandioca (Figura 2).

Figura 2. Chave de classificação climática da mandioca.



Fonte: Adaptado de SÉRY *et al.*, 2016; ANTWI *et al.*, 2017; MITHRA *et al.*, 2018; PIPATSITEE *et al.*, 2018; ANIKWE e IKENGANYA, 2018; PINHEIRO, 2019 e MARQUES, 2020.

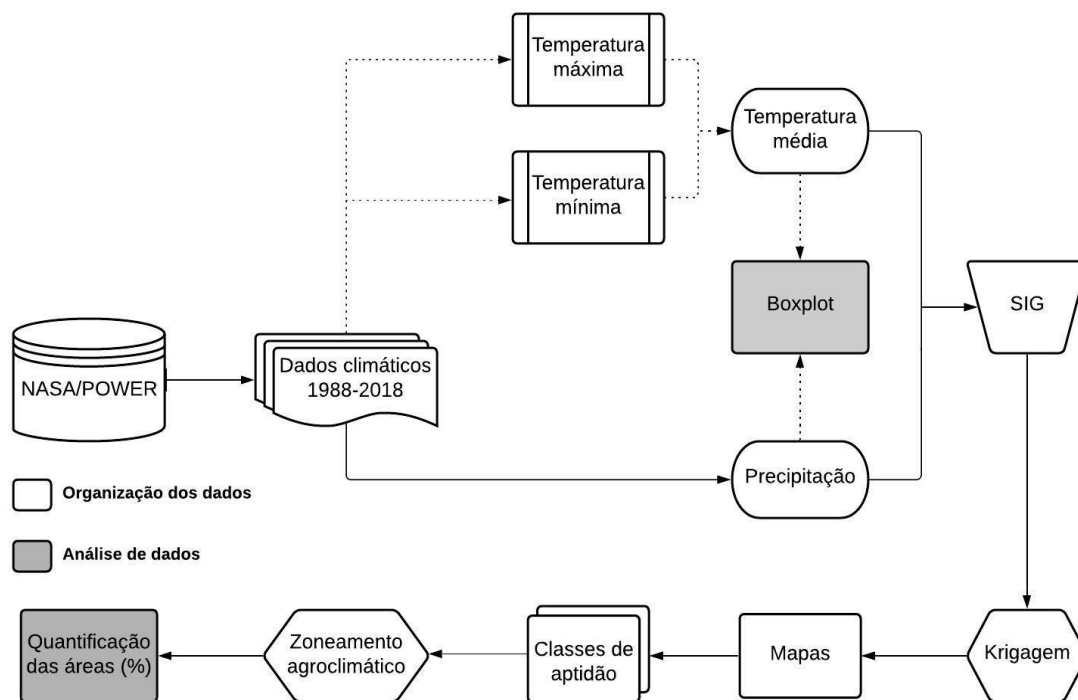
Com a interação dessas variáveis, foi possível elaborar o zoneamento agroclimático da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para o estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil.

Para sintetizar a distribuição da variabilidade mensal dos dados da temperatura média do ar e precipitação anual, realizou-se a execução do gráfico *boxplot*, que é um gráfico baseado nos quartis, contendo a média, mediana e os pontos extremos dos dados para resumir a distribuição empírica e sistematizar a teoria (MORETTIN e SINGER,

2020). O *boxplot* é um método vantajoso que se pode comparar vários conjuntos de dados lado a lado, analisando a distribuição dos mesmos, são muito fáceis de interpretar e visualizar (ADILAH *et al.*, 2020). Outro gráfico executado foi o de barra, enfatizando as classes de aptidão da cultura no MS, Brasil, com a atenção voltada para o valor total da área e suas respectivas classificações (EVERGREEN, 2019).

A interpolação espacial foi realizada utilizando o sistema de informação geográfica (SIG). O método de interpolação utilizado foi a krigagem (Krige, 1951), com o modelo esférico, um vizinho e resolução de 1° (111 km). Todas as etapas para a realização do zoneamento agroclimático podem ser observadas no fluxograma (Figura 3).

Figura 3. Fluxograma dos processos realizados.



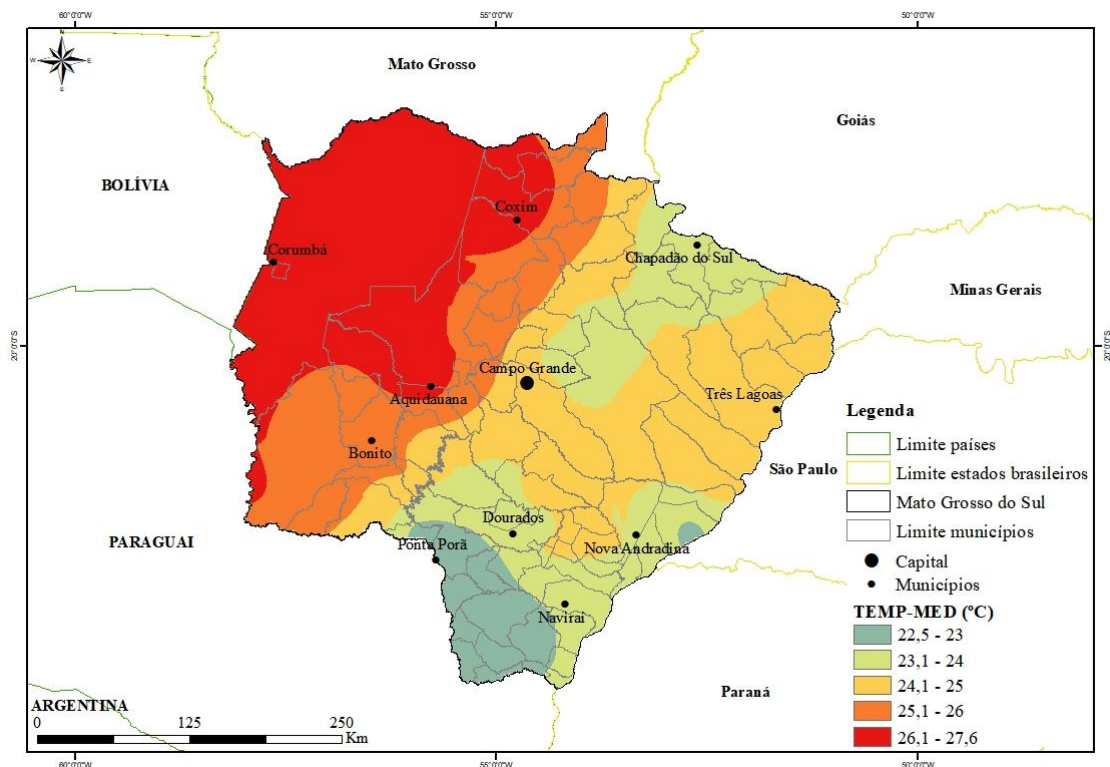
Fonte: Autor próprio.

4. DISCUSSÃO E ANÁLISE DE DADOS

O estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil, apresenta uma importante variação meteorológica ao longo de seu espaço geográfico (MORAES *et al.*, 2019). A temperatura do ar média da região equivalente ao período de 30 anos (1988 - 2018) foi de 24,3 °C. A mesma variou de 22,5 a 27,6 °C entre as estações meteorológicas. As menores médias de

temperatura do ar 22,5 a 25 °C encontram-se em faixas climáticas, abrangendo as áreas localizadas ao sudoeste, sul, sudeste, leste e nordeste. As regiões oeste, noroeste e norte atingiram as maiores médias de temperatura do ar, com variação de 25,1 a 27,6 °C (Figura 4).

Figura 4. Espacialização da temperatura do ar para o estado do Mato Grosso do Sul (MS), Brasil (1988 - 2018).



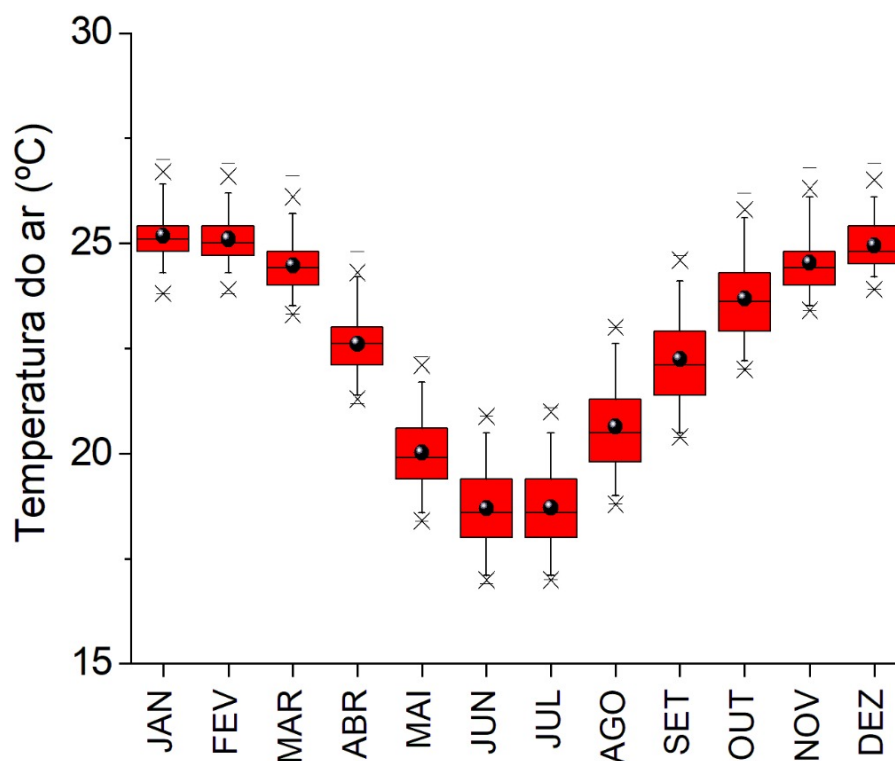
Fonte: Autor próprio.

Em relação a variabilidade climática do estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil, referente a temperatura do ar média (T_{AIR}) (Figura 5), pode-se observar que os maiores valores de T_{AIR} correspondem entre os meses de setembro a abril, com médias superiores a 22,5 °C. Neste mesmo período, os valores médios mensais de T_{AIR} podem atingir máximas de aproximadamente 25 °C nos meses de dezembro a fevereiro, e mínimas de 22 °C em setembro.

De forma inversa, as menores médias mensais de temperatura do ar correspondem entre os meses de maio a agosto, com médias máximas inferiores a 20,5 °C, podendo atingir valores mínimos de 18 °C nos meses de junho e julho. A distinção da flutuação da

temperatura do ar influencia na tomada de decisão sobre as regiões igualmente adaptáveis e com melhores características de desenvolvimento e sustentabilidade ao longo do ciclo da cultura (MEDEIROS e CAVALCANTI, 2020).

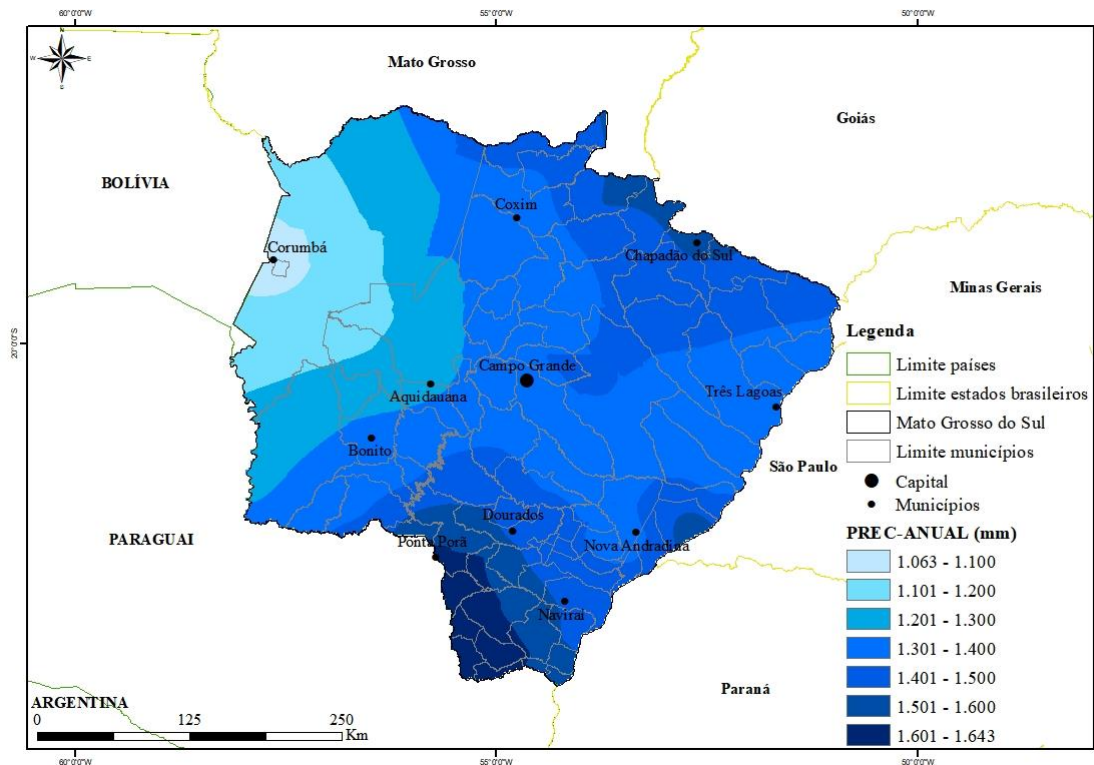
Figura 5. Variabilidade mensal da temperatura do ar no estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil (1988 - 2018).



Fonte: Autor próprio.

O estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil, apresenta volumes hídricos satisfatórios em todas as regiões das estações meteorológicas, a média anual do MS durante o período de 30 anos (1988 - 2018) foi equivalente a 1.420 mm. Os dados de precipitação em MS, Brasil, variaram de 1.063 a 1.643 mm. As regiões localizadas a oeste e noroeste atingiram os menores volumes de precipitação, entre 1.063 a 1.300 mm. Precipitações de 1.300 a 1.600 mm abrange a maior proporção de MS, Brasil, sendo essas faixas encontradas nas regiões sudoeste, sul, sudeste, leste, nordeste, norte e central. O maior volume pluviométrico compreende a uma pequena parcela da região sul de MS, Brasil, que variou de 1.600 a 1.643 mm (Figura 6).

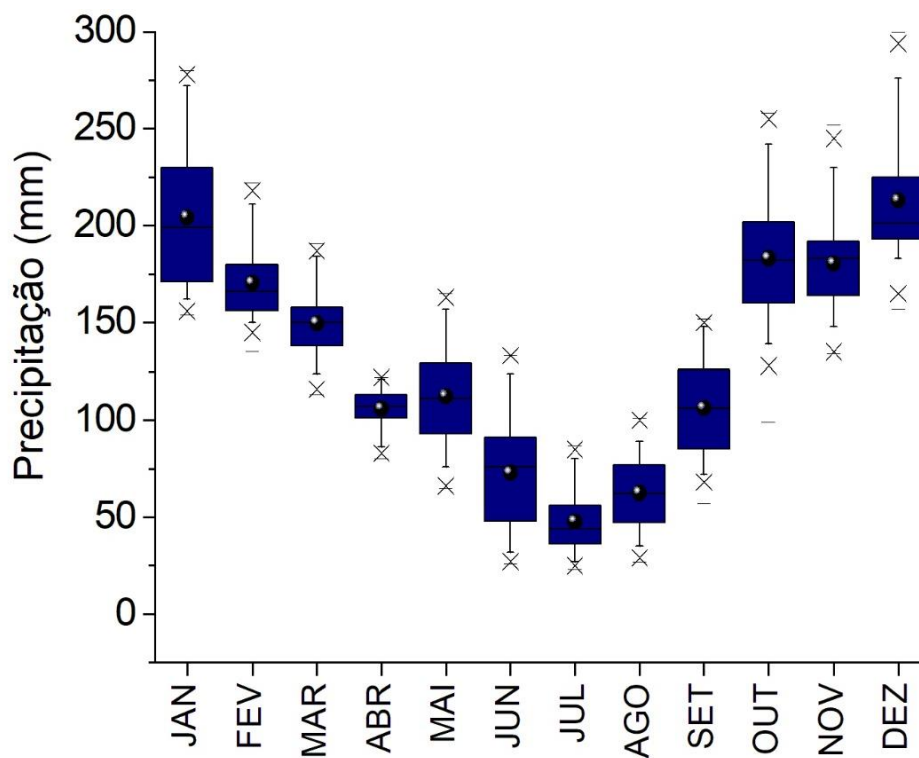
Figura 6. Espacialização da precipitação pluvial para o estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil (1988 - 2018).



Fonte: Autor próprio.

Em relação a variabilidade climática em MS, Brasil, referente a precipitação pluvial (P) mensal (figura 7), pode-se observar que os maiores volumes se encontram nos meses de outubro a março, com valores médios de P acima de 150 mm, com médias podendo atingir 200 mm nos meses de dezembro e janeiro. Enquanto que os menores volumes correspondem entre os meses de abril a setembro, com volumes médios inferiores de 112 mm. O período de julho a agosto observa-se as menores ofertas de P, com valores abaixo de 65 mm. É indispensável ao homem do campo entender a dinâmica e a variabilidade espacial e temporal das precipitações, a fim de obter bons resultados em seus cultivos (ROLDÃO, 2020).

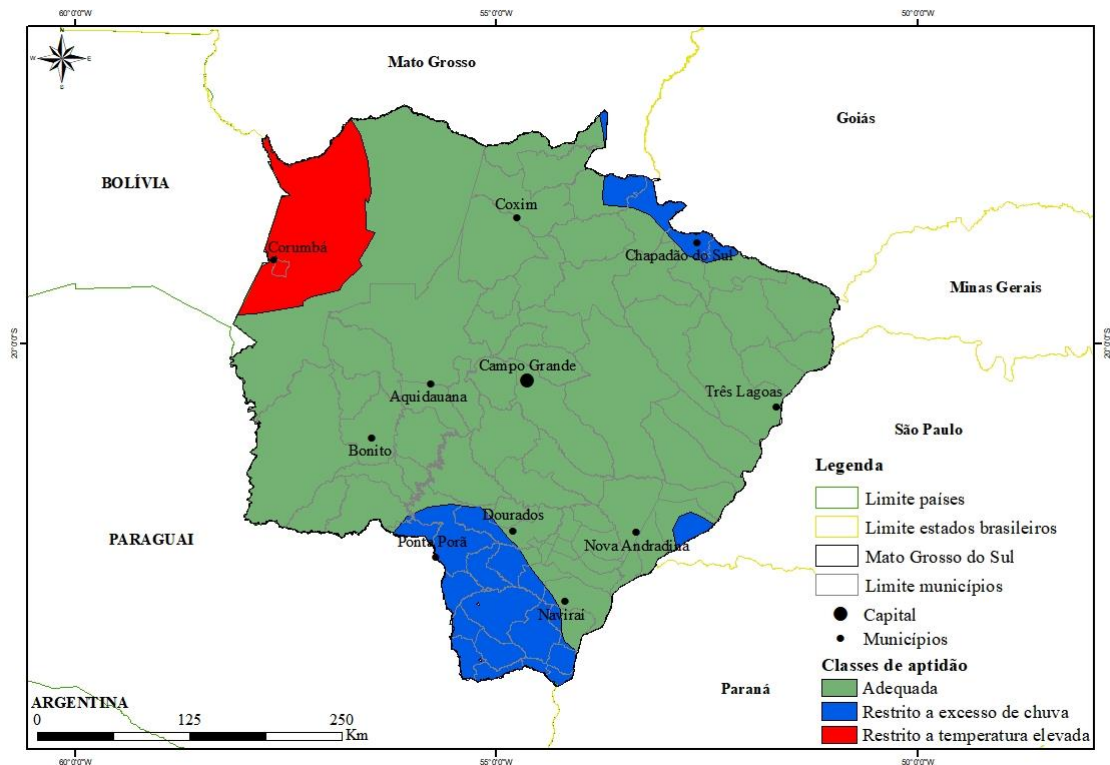
Figura 7. Variabilidade mensal da precipitação pluvial no estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil (1988 - 2018).



Fonte: Autor próprio.

Com a interpolação dos dados de precipitação anual e temperatura do ar, obteve-se o zoneamento agroclimático da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para o estado de Mato Grosso do Sul (MS) (Figura 8). Observa-se que o MS, Brasil, demonstrou um resultado expressivo e propício ao cultivo da mandioca, apresentando áreas aptas ao oeste, sudoeste, sudeste, leste, centro, baixo e médio nordeste e norte. As áreas ao sul e extremo nordeste apresentaram ligeiras restrições ao excesso de chuva (± 143 mm) e regiões à noroeste com temperatura elevada ($\pm 0,6$ °C), tal fato não deve comprometer a ampliação das áreas, produção e produtividade da mandioca no estado. Todavia, a utilização de variedades resistentes/tolerantes e práticas de manejo de solo podem aumentar a eficiência de cultivo nestes locais restritos.

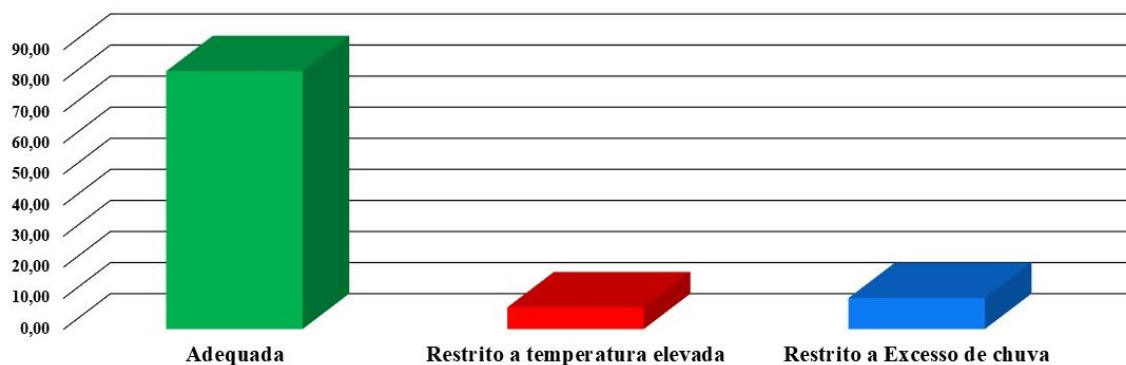
Figura 8. Zoneamento agroclimático da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para o estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil.



Fonte: Autor próprio.

Por fim, a quantificação das áreas de acordo com a classificação da aptidão climática da cultura para o estado apresentou-se 80% adequada, 7% restrito a temperatura elevada e 10% restrito ao excesso de chuva (Figura 9).

Figura 9. Classes de aptidão agroclimáticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para o estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil.



Fonte: Autor próprio.

Os resultados deste estudo para o estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil, proporcionam subsídios para a implantação da cultura da mandioca e diminuição dos riscos de perda por tomadas de decisão pré-planejadas com base no zoneamento agroclimático.

5. CONCLUSÕES

Ao realizar a análise do estudo, permitiu-se concluir a classificação do zoneamento agroclimático da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para o MS, Brasil.

O MS, Brasil, apresentou classes de aptidão com 80% adequada, 7% restrito a temperatura elevada e 10% restrito ao excesso de chuva.

A variabilidade climática da temperatura do ar e precipitação anual pouco influenciou as classes de aptidão da cultura da mandioca.

É imprescindível a análise da variabilidade mensal para adequar a melhor época de plantio para a cultura da mandioca.

As restrições ao excesso de chuva (± 143 mm) e temperatura elevada ($\pm 0,6$ °C) não deve comprometer o potencial de cultivo em MS, Brasil.

As características agroclimáticas de MS, Brasil, favorecem a expansão do cultivo da mandioca.

Os resultados deste estudo proporcionam subsídios e auxiliam os produtores de mandioca de MS nas tomadas de decisões.

REFERÊNCIAS

ADEDEJI, O.; OKOCHA, R.; OLATOYE, O. Global Climate Change. **Journal of Geoscience and Environment Protection**. v. 02, p. 114-122, 2014.

ADEJUWON, J. O.; AGUNDIMINEGHA, Y. G. Impact of Climate Variability on Cassava Yield in the Humid Forest Agro-Ecological Zone of Nigeria. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 23, n. 5, p. 903-908, 2019.

ADILAH, A. A. G. N.; ZARIF, M. M.; IDRIS, A. M. Rainfall Trend Analysis Using Box Plot Method: Case Study ump Campus Gambang and Pekan. **Iop Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 712, p. 12-21, 2020.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's Climate Classification Map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMTHOR, J. S. Efficiency of Lignin Biosynthesis: A Quantitative Analysis. **Annals of Botany**, v. 91, n. 6, p. 673-695, 2003.

ANIKWE, M. A. N.; IKENGANYIA, E. E. Ecophysiology and Production Principles of Cassava (*Manihot* species) in Southeastern Nigeria. **IntechOpen**, p. 106-122, 2018.

ASSAD, E. D.; VICTORIA, D. de C.; CUADRA, S. V.; PUGLIERO, V. S.; ZANETTI, M. R. (ed.). Efeito das mudanças climáticas na agricultura do cerrado. In: BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. **Dinâmica Agrícola no Cerrado: Análises e Projeções**. Brasília: Embrapa, cap. 7. p. 213-228, 2020.

BERGAMASCHI, H.; BEGONCI, J. I. **As plantas e o clima - princípios e aplicações**. 1. ed. Guaíba: Agrolivros, 2017. 352 p.

BRACALE, G. Zoneamento Agrícola de Risco Climático. SPA/MAPA. III reunião técnica do CEMADEN. Tema: **extremos climáticos e colapso da produção agrícola**. Fortaleza, 2012. 31 slides, color.

BRITO, É. G.; SILVA, M. V. C. da; CRISPIM, A. B. **Geografia: Climatologia**. Fortaleza: UECE, 2019. 106 p.

CLEMENTE, M. A. **Aumento da temperatura do ar noturna e do déficit hídrico em genótipos de algodoeiro**. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. 70 p.

COELHO, G. O.; DIAS, L. A. dos S.; FINGER, F. L. Agro-Climatic Zoning to Banana-Growing in the Mesoregion of Vale do Rio Doce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, p. 52-59, 2016.

DREYFUSS, A. **Mudanças climáticas**. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Boletim de Inovação e Sustentabilidade (BISUS), v. 2, 2018.

EMBRAPA. **Visão 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018. 212 p.

EVERGREEN, S. D. H. **Effective Data Visualization: The Right Chart for the Right Data**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2019. 352 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Produzir mais com menos: mandioca**. 2013. 24 p.

FERNANDES, G. **Mandioca em números**. In: Congresso Brasileiro De Mandioca, 17 ed., 2018. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/congresso-de-mandioca-2018/mandioca-em-numeros>. Acesso

em: 09 jun. 2020.

FIORIN, T. T.; DAL ROSS, M. **Climatologia agrícola**. Santa Maria: Colégio Politécnico - UFSM, 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; GUIMARÃES, C. L.; MORAES NETO, J. M. de. Aptidão climática da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para o estado da Paraíba. Fortaleza: INOVAGRI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.º.4, p.1651-1661, 2017.

FREITAS, L. O.; CALHEIROS, T.; REIS, R. J. dos. Vulnerabilidade da mesorregião norte de Minas Gerais, face às mudanças climáticas. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 56, p. 134-155, 2019.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (ed.). **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 357 p.

GOMES JUNIOR, F. de A. **Produtividade de variedades de mandioca em diferentes arranjos de plantio, épocas de colheita, fisiologia do estresse e déficit hídrico**. 2018. 86 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geografia do Brasil**: Região Centro Oeste. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário**, 2017. Disponível em:
https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html. Acesso em: 02 jun. 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability- Contribution of Working Group 2 to the IPCC Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2001. 881 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **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**. Geneva, 2014. 151 p.

KENGGANNA, J.; JAKAEW, P.; AMAWAN, S.; BUSENER, N.; BUCKSCH, A.; SAENGWILAI, P. Phenotypic Variation of Cassava Root Traits and their Responses to Drought. **Applications in Plant Sciences**, v. 7, n. 4, p. 1238-1252, 2019.

KIPLING, R. P.; TOPP, C. F. E.; BANNINK, A.; BARTLEY, D. J.; BLANCO-PENEDO, I.; CORTIGNANI, R.; PRADO, A. del; DONO, G.; FAVERDIN, P.;

GRAUX, A. To What Extent is Climate Change Adaptation a Novel Challenge for Agricultural Modellers? **Environmental Modelling & Software**, v. 120, p. 44-92, 2019.

KRIGE, D. G. A Statistical Approach to Some Mine Valuation and Allied Problems on the Witwatersrand: By DG Krige. **Doctoral Thesis**. University of the Witwatersrand, 1951.

LEBOT, V. (ed.). Tropical Roots and Tuber Crops: Cassava, Sweet Potato, Yams and Aroids. **Crop Production Science in Horticulture**. 2ª ed. CABI: Oxfordshire, UK, 2019. 560 p.

MARQUES, E. S. **Programa nacional de zoneamento agrícola de risco climático**. 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/sao-paulo/word/PORTN28MANDIOCASP.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2020.

MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; BARROS, A. S.; DANTAS NETO, J.; MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; SANTOS, B. D. B. Aptidão agroclimática para o cultivo da mandioca no município de Barbalha - CE. Campina Grande: UFCG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.5, p. 1815-1822, 2019.

MEDEIROS, R. M. de; CAVALCANTI, E. P. Tendência climática das temperaturas do ar no município de Bom Jesus do Piauí, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 73-88, 2020.

MÉLO NETO, D. F. de; COELHO, D. G.; ANDRADE, M. T. de; ALVES, J. de O. Initial Growth of Cassava Plants cv. Mossoró Under Different Water Regimes. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 12, n. 3, p. 191-199, 2018.

MISSIO, F. J.; RIVAS, R. M. R. Aspectos da formação econômica de Mato Grosso do Sul. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Estudos Econômicos (São Paulo), **Revistas USP**, v. 49, n. 3, p. 602-632, 2019.

MITHRA, V. S. S.; RADHAKRISHNAN, A. R. S.; LEKSHMANAN, D. K. Computer Simulation of Cassava Growth. **Cassava**, p. 69-82, 2018.

MORAES J. R. da S. C. de; APARECIDO, L. E. de O.; COSTA, C. T. da S.; MORAIS, L. C.; LORENÇONE, P. A. Performance do modelo ECMWF para estimar a temperatura do ar e precipitação pluvial em Mato Grosso do Sul. Naviraí: IFMS. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), **III EIGEDIN**, 2019.

MORENO, N. B. da C.; SILVA, A. A. da; SILVA, D. F. da. Análise de variáveis meteorológicas para indicação de áreas agrícolas aptas para banana e caju no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 09 n. 01, p. 1-15, 2016.

MORETTIN P. A.; SINGER J. M. **Introdução à ciência de dados**: Fundamentos e

Aplicações. São Paulo: Departamento de Estatística Universidade de São Paulo, 2020. 336 p.

MUNIZ, M. J. **“Da mandioca a farinha”**: termos do vocabulário dos agricultores do noroeste cearense. Tese (Doutorado) - Curso de Linguística, Letras Vernáculas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. 373 p.

NASA-POWER. **Prediction of Worldwide Energy Resource**. 2019. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/>. Acesso em: 02 jun. 2020

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A. (org.). **Mudanças climáticas em rede um olhar interdisciplinar**: Contribuições do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas. Bauru: Canal 6, 1 ed., 2017. 613 p.

OTEKUNRIN, O. & SAWICKA, B. Cassava, a 21st Century Staple Crop: How can Nigeria Harness its Enormous Trade Potentials? **Acta Agriculturae Slovenica**. v. 3. p. 194-202. 2019.

PERIN, E. B.; VIANNA, L. F. de N.; RICCE, W. da S.; MASSIGNAM, A. M.; PANDOLFO, C. Interpolação das variáveis climáticas temperatura do ar e precipitação: revisão dos métodos mais eficientes. **Geografia**, Rio Claro, SP, v. 40, n. 2, p. 269-289, 2015.

PEZZOPANE, J. E. M. **Agrometeorologia: aplicações para o Espírito Santo**. Alegre, ES: CAUFES, 2012. 174 p.

PINHEIRO, J. C. D. **A realidade da mandioca no Maranhão**. 2ª ed. São Luís: Editora Pascal, 2019.

PIRTTIOJA, N.; CARTER, T. R.; FRONZEK, S.; BINDI, M.; HOFFMANN, H.; PALOSUO, T.; RUIZ-RAMOS, M.; TAO, F.; TRNKA, M.; ACUTIS, M.; ASSENG, S.; BARANOWSKI, P.; BASSO, B.; BODIN, P.; BUIS, S.; CAMMARANO, D.; DELIGIOS, P.; DESTAIN, M. -F.; DUMONT, B.; EWERT, F.; FERRISE, R.; FRANÇOIS, L.; GAISER, T.; HLAVINKA, P.; JACQUEMIN, I.; KERSEBAUM, K. C.; KOLLAS, C.; KRZYSZCZAK, J.; LORITE, I. J.; MINET, J.; MINGUEZ, M. I.; MONTESINO, M.; MORIONDO, M.; MÜLLER, C.; NENDEL, C.; ÖZTÜRK, I.; PEREGO, A.; RODRÍGUEZ, A.; RUANE, A. C.; RUGET, F.; SANNA, M.; SEMENOV, M. A.; SLAWINSKI, C.; STRATONOVITCH, P.; SUPIT, I.; WAHA, K.; WANG, E.; WU, L.; ZHAO, Z.; RÖTTER, R. P. Temperature and Precipitation Effects on Wheat Yield Across a European Transect: A Crop Model Ensemble Analysis Using Impact Response Surfaces. **Climate Research**, Oldendorf / Luhe, v. 65, p. 87-105, 2015.

RAVI, V.; RAVINDRAN, C. S.; RAMESH, V. The Impact of Climate Change on Photosynthesis and Productivity of Cassava and Sweet Potato: Effect of Rise in Temperature, CO₂ and UV-B Radiation: An Overview. **Journal of Root Crops**, v.34, p. 95-107, 2008.

RICHARDSON, D.; CASTREE, N. GOODCHILD M. F. KOBAYASHI A.; LIU W.; MARSTON R. A. (ed.). **International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology**. Hoboken: Wiley-Blackwell. v. 15, 2017. 8464 p.

ROLDÃO, A. de F. **Veranicos no estado do Tocantins e a cultura da soja**. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Departamento de Ciências Humanas. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. 173 p.

ROP, O. I.; IB, A. A. Response of Cassava and Maize Yield to Varying Spatial Scales of Rainfall and Temperature Scenarios in Port Harcourt. **Research Journal of Environmental Sciences**, v. 11, n. 4, p. 137-142, 2017.

SANTOS, D. F. dos. **Impacto das mudanças climáticas no zoneamento de aptidão climática das principais frutíferas de clima temperado nas regiões sul e sudeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2018. 118 p.

SANTOS, J. F. F. dos; OLIVEIRA, R. de S.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, R. N. O.; MENDONÇA, J. A.; MOURA NETO, F. P.; VIANELLO, F. P.; BRONDANI, C. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 10. **Seleção de linhas puras recombinantes superiores de arroz via índice de seleção**. Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2019. 220 p.

SÉRY, D. J.; KOUADJO, Z. G. C.; VOKO, B. R. R.; ZÉZÉ, A. (ed.). Selecting Native Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Promote Cassava Growth and Increase Yield under Field Conditions. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 125-137, 2016.

SHAN, Z.; LUO, X.; WEI, M.; HUANG, T.; KHAN, A.; ZHU, Y. Physiological and Proteomic Analysis on Long-Term Drought Resistance of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 8-34, 2018.

SINGH, A. K.; ARUNACHALAM, A.; SHELAT K. N.; DAGAR J. C.; GOPICHANDRAN R. (ed.). **Climate Change Modelling, Planning and Policy for Agriculture**. New Delhi: Springer. 2015. 245 p.

SOUZA, A. P. de; MASSENBURG, L. N.; JAISWAL, D.; CHENG, S.; SHEKAR, R.; LONG, S. P. Rooting for Cassava: Insights into Photosynthesis and Associated Physiology as a Route to Improve Yield Potential. **New Phytologist**, v. 213, n. 1, p. 50-65, 2016.

TIRONI, L. F.; STRECK, N. A.; SANTOS, A. T. L.; FREITAS, C. P. de O. de; UHLMANN, L. O.; OLIVEIRA JÚNIOR, W. C. de; FERRAZ, S. E. T. Estimating Cassava Yield in Future IPCC Climate Scenarios for the Rio Grande do Sul State, Brazil. Santa Maria: **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, p. 31-40, 2017.

WICHERN, J.; DESCHEEMAER, K.; GILLER, K. E.; EBANYAT, P.; TAULYA, G.; VAN WIJK, M. T. Vulnerability and Adaptation Options to Climate Change for Rural Livelihoods – A country-Wide Analysis for Uganda. **Agricultural Systems**, v.

176, p. 10-26, 2019.

WHITE, S.; BROOKE, J.; PFISTER, C. Climate, Weather, Agriculture, and Food. **The Palgrave Handbook of Climate History**, p. 331–353. 2018.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 1, p. 179-190, 2013.