

ALTERAÇÕES NO ZONEAMENTO CLIMÁTICO PARA O CULTIVO DE URUCUM (*Bixa orellana*) DEVIDO MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Mudanças Climáticas

João Antonio Lorençone¹

Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido²

Pedro Antonio Lorençone³

Rafael Fausto de Lima⁴

Guilherme Botega Torsoni⁵

Resumo

Esse trabalho tem como objetivo realizar o zoneamento agroclimático do urucum (*Bixa orellana* L), para o Brasil no cenário atual e o cenário SSP-5 8.5 de mudanças climáticas do CMIP6. Os dados de temperatura do ar e precipitação diária para o cenário atual foram coletados por meio da plataforma WorldClim version 2.1 (FICK; HIJMANS, 2017) para a última normal climatológica em formato GeoTiff. Esse estudo foi realizado para todo o território brasileiro. As variáveis climáticas futuras foram obtidas pela plataforma WorldClim 2.1, para o modelo IPSL-CM6A-LR, nos períodos 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100 e para o cenário SSP-5 8.5. Dessa forma, foram realizados o zoneamento por meio de software de sistemas de informações geográficas (QGIS), automatizado com a linguagem Python. Ainda, foram elaborados gráficos para melhor representar os resultados. O zoneamento climático do Urucum para o cenário atual demonstrou 5 classes. A classe que mais predominou foi marginal por excesso hídrico (42,99%), seguida pela classe Apto (32,47%), com destaque para a região central do país: Mato Grosso do Sul (91,61), Goiás (80,80) e Tocantins (92,6%). O cenário RCP-5 8.5 alterou o zoneamento climático para o Urucum em todos os períodos. A classe de aptidão reduziu em todos os períodos, com média para os períodos de 27,91% (2021-2040), 20,16% (2041-2060), 12,11% (2061-2080), 6,50% (2081-2100). A partir do ano 2081 mais de 90% do território das regiões produtoras apresentou condições inaptas por excesso térmico. As mudanças climáticas proporcionam redução nas áreas aptas ao cultivo do Urucum, principalmente a longo prazo (2081-2100).

Palavras-chave: Temperatura do ar, precipitação pluvial, CMIP6, IPCC.

¹ Aluno do curso de Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Departamento de agrometeorologia, joao.lorencone@estudante.ifms.edu.br

² Prof. Dr. IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho, Departamento agrometeorologia, lucas.aparecido@muz.ifsuldeminas.edu.br

³ Aluno do curso de Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Departamento de agrometeorologia, pedro.lorencone@estudante.ifms.edu.br

⁴ Aluno do curso de Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Departamento de agrometeorologia, rafael.lima@estudante.ifms.edu.br

⁵ Prof. Dr. Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Naviraí, Departamento de agrometeorologia, guilherme.torsoni@ifms.edu.br

INTRODUÇÃO

O urucum (*Bixa orellana* L.) se destaca por possuir muitas utilidades para seus frutos, tornando-a uma cultura de grande procura e valor mundial (REGO; BRAND; COSTA, 2010). É muito comum encontrar o urucum sendo utilizado na indústria alimentícia, como fonte de “colorau”, um corante natural das sementes, que possui a capacidade de colorir alimentos, possuindo um baixo custo de produção e baixa toxicidade (ALMEIDA, 2016). Na medicina o urucum é amplamente reconhecido por suas diversas aplicações, como antibacteriano, antifúngico, antidiarreico e antiofídico (BRAGA et al., 2007; CÁCERES et al., 1995)

A cultura sofre grande influência do clima (LOPES; LIMA; MACEDO, 2008), se desenvolvendo bem a uma temperatura do ar de 22 e 27 ° C (SATYANARAYANA; PRABHAKARA RAO; RAO, 2003). O urucum cresce, floresce e produz frutas durante a maior parte do ano, e as condições são considerados ideais se a precipitação anual for bem distribuída e maior que 1200 mm, com fornecimento mensal de 100-150 mm (CASTRO et al., 1994). Em geral o urucum é planta resistente e altamente adaptável, capaz de crescer em uma variedade de climas (BRITO et al., 2015), mas as condições energéticas e hídricas fora da faixa ideal, limita o desenvolvimento de safras com bons rendimentos (DE SÁ JÚNIOR et al., 2012).

O aumento de gases de efeito estufa, com destaque para óxido nitroso, dióxido de carbono e ozônio, são as principais causas das alterações climáticas, principalmente para o aquecimento significativo que o mundo vem sofrendo (ALLEN et al., 1998). No último século, a temperatura global aumentou 1 °C (+0,2), as previsões para 2100 são de aumentos entre 1,5°C e 6 °C (ADEFISAN, 2018). O setor agrícola é um dos mais vulneráveis às mudanças climáticas, pois depende diretamente da temperatura e da precipitação (BAETHGEN; MEINKE; GIMENE, 2003). Dessa forma, alguns estudos apontam que a produção de alimento será impactada negativamente, ao mesmo tempo em que a população continua com seu crescimento (ABABAEI; NAJEEB, 2020).

Realização



Apoio



Apesar da diversidade de trabalhos com a mesma temática, são poucos encontrados na literatura que realizam o ZAC para o urucum no Brasil, um dos trabalhos que é referência para o urucum é o de (APARECIDO et al., 2017), que realizou o zoneamento de risco climático para o urucum no estado de Minas Gerais, demonstrando parte das regiões leste e norte do estado possuem aptidão climática para o cultivo do urucum, demonstrando que o estado possui potencial para a produção do urucum. Sendo que muitas regiões brasileiras podem apresentar aptidão ao cultivo do urucum (PEZZOPANE et al., 2010), e o zoneamento agroclimático é uma ferramenta para identificar essas áreas, entretanto são poucos os trabalhos para todo o Brasil.

Dessa forma esse trabalho tem como objetivo realizar o zoneamento agroclimático do urucum (*Bixa orellana* L), para o Brasil no cenário atual e o cenário SSP-5 8.5 de mudanças climáticas do CMIP6.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado para todo o Brasil, que possui uma extensão territorial de 8.516.000 km², dividido em cinco regiões: Centro-Oeste, Nordeste, Norte, Sul e Sudeste. O Brasil apresenta doze (12) classes de clima de Köppen (1948), em que a zona tropical “A” é a mais predominante neste país (ALVARES et al., 2013a).

As variáveis climáticas (temperatura do ar e precipitação acumulada) foram coletadas por meio da plataforma WorldClim 2.1 (FICK; HIJMANS, 2017). Os dados se apresentavam em formato GeoTiff (.tif), com resolução de 30’’x30’’ (1 km²). Cada imagem consistia em 12 bandas (meses), para todo o globo. Os dados coletados foram da última normal climatológica disponível.

As variáveis climáticas futuras foram obtidas pela plataforma WorldClim 2.1 (https://www.worldclim.org/data/cmip6/cmip6_clim30s.html), para o modelo IPSL-CM6A-LR (Boucher, 2020) do Institute Pierre-Simon Laplace Climate Modelling Centre (IPSL CMC, <https://cmc.ipsl.fr/>) da França, com resolução de 30 segundos (1 km²). O modelo IPSL-CM6A-LR Esse modelo faz parte da fase seis do Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6) do IPCC, com grandes contribuições para esse projeto

Realização

Apoio

(LURTON et al., 2020).

Os modelos do CMIP6 demonstram ser mais precisos que a versão anterior (CMIP5). O modelo disponibiliza dados para todos os cenários do sexto relatório do IPCC, SSPs. Foi utilizado o cenário Shared Socioeconomic Pathways – 5 8.5 disponível para 4 períodos (2021-2040, 2041-2060, 2061-2081 e 2081-2100) na plataforma WorldClim (RIAHI et al., 2017).

As variáveis climáticas foram definidas pelas necessidades das plantas de B. orellana : Temperatura do Ar (Tar) médio anual e a Precipitação Anual (Panual) total. As classes de aptidão climática para o cultivo foram estabelecidas combinando as duas variáveis climáticas (APARECIDO et al., 2017; LOPES; LIMA; MACEDO, 2008). As regiões foram consideradas climaticamente adequadas para cultivo quando Tar permaneceu entre 22 e 27 °C e PANUAL entre 800 e 1800 mm.a-1. As áreas marginalmente foram 4: marginal insuficiência térmica ($20 < T_{air} < 22^{\circ}C$), marginal por excesso térmico ($27 > T_{air} > 29^{\circ}C$), marginal déficit hídrico (Panual < 800 mm) e marginal excesso hídrico (>1800 mm). As classes consideradas inaptas foram: $T_{air} < 20^{\circ}C$ ou $T_{air} > 29^{\circ}C$.

Assim para a realização do zoneamento as imagens de temperatura do ar e precipitação acumulada foram abertas em um software de sistema de informações geográficas QGIS (<http://www.qgis.org/>). Primeiramente, as imagens foram recortadas apenas para o território brasileiro. Em seguida, foi realizado a média das imagens de temperatura do ar mensais e a soma das imagens de precipitação acumulada mensais. Assim, as imagens foram reclassificadas em função da chave de aptidão climática. A reclassificação possibilitou combinar as imagens anuais de cada variável, assim obtendo uma imagem com as classes de aptidão. Essa imagem foi convertida em polígono, para assim calcular a área de cada classe. Foi utilizado a linguagem de programação Python 3.8, para automatizar a elaboração do zoneamento de favorabilidade da Phoma spp. No total foram elaboradas 5 mapas (1 atual + 4 períodos futuros).

Para visualização da variação da temperatura do ar e da precipitação acumulada em função das mudanças climáticas, foram elaborados gráficos de Box-plots. Gráficos são

Realização

Apoio

ferramentas para disponibilizar informações de maneira clara (GRANT, 2018), os Boxplots se destacam por descreverem muito bem grandes bancos de dados (BABURA et al., 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação (Prec) e temperatura do ar (Tair) demonstraram alta variação sazonal e espacial (Figura 1). A Tair apresentou média variou de 7,90 a 29,50°C durante o ano, com média de 24,32°C (Figura 1 A B). O mês de novembro foi o mês mais quente (25,0°C), seguido por dezembro (25,11°C) (Figura 1 A). Por outro lado, junho e julho foram os meses mais frios do ano, 22,73 e 22,58°C, respectivamente. Alvares et al. (2013b) estudaram as condições climáticas médias de todos o país, encontrando resultados sazonais semelhantes.

Os estados da região norte foram os mais quentes, com média de 25,91°C, com destaque para Roraima (26,28°C), Amazonas (26,22°C) e Amapá (26,00°C), os estados mais quentes do Brasil (Figura 2 B). De maneira contrária, a região sul foi a mais fria (18,47°C), sendo Santa Catarina o estado mais frio do país (17,03°C). Regiões mais próximas da linha do equador possuem maior incidência de radiação solar, acarretando em maior temperaturas, já localidades com maiores latitudes ocorre o inverso (KITAYAMA; USHIO; AIBA, 2021; PRAMANIK et al., 2019). As demais regiões, como Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste apresentaram médias de 21,21; 24,25 e 24,71°C, respectivamente.

A Precipitação acumulada média anual demonstrou alta variação tanto sazonal como espacial. A média mensal foi de 146 mm, porém variando de 0 a 593 mm em apenas um mês. O verão foi o período mais chuvoso (671 mm acumulados), representando 50% de toda a precipitação anual. As médias para o mês de janeiro e março foram de 227 e 229 mm, respectivamente. O inverno por outro lado, foi o período mais seco (205 mm acumulados), concentrando 11,69% do volume anual de chuvas (Figura 2 D). Julho e agosto obtiverem média de apenas 64 e 58 mm acumulados, respectivamente. Períodos como esse apresentam alto risco para culturas perenes, devido ao estresse

Realização

Apoio

hídrico.

A precipitação acumulada anual variou de 377 a 3858 mm, com média de 1748 mm. A região norte além da maior média Tair, também apresentou a média anual de precipitação (2227,55 mm). Amazonas e Amapá foram os estados mais chuvosos, com médias de 2522,58 e 2467,80 mm, respectivamente. A região Nordeste foi a mais seca, com apenas 1024,06 mm, com destaque para Pernambuco e Rio Grande do Norte que apresentaram menos de 760 mm anuais acumulados (Figura 1 C). Em regiões com alto estresse hídrico são necessárias técnicas como irrigação localizada, para suprir a necessidade hídrica com maior eficiência.

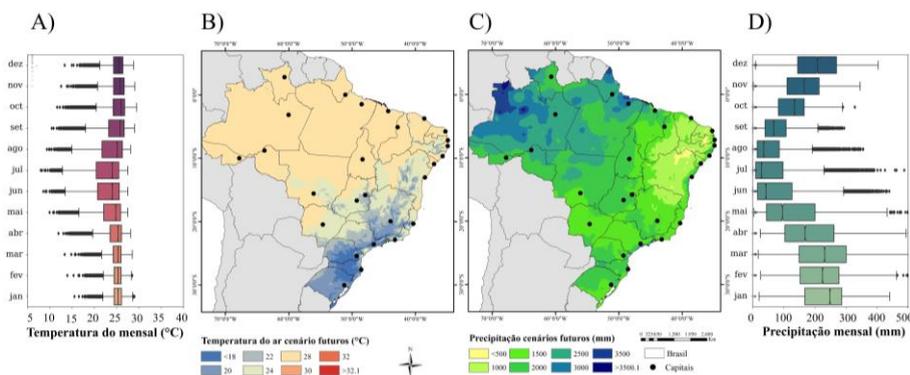


Figura 1 Distribuição sazonal (A e D) e espacial (B e C) da temperatura do ar média e precipitação acumulada para todo o Brasil.

O zoneamento do urucum para o Brasil no cenário atual apresentou 5 classes (Figura 2). A classe predominante foi marginal por excesso hídrico (42,99%), concentrada principalmente na região norte do país. Em localidades como Rurópolis – PA o cultivo do Urucum é possível e pode sofrer problemas com doenças que se beneficiam de alta umidade, como podridão. A classe de completa aptidão representou 32,47% do território nacional, com destaque para a região central do país: Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins (Tabela 1). Esses estados apresentaram 91,61; 80,80 e 92,6% do território classificado como apto, respectivamente. Desses estados apenas Mato Grosso do Sul possui produção de Urucum, sendo uma cultura com alto potencial possuindo alto potencial produtivo, porém pouco explorada (Figura 2 B).

Realização

Apoio

A classe inapto por insuficiência foi a terceira classe com maior área (Figura 2). Os estados do sul apresentaram mais de 78,9% do território inapto, o restante classificado como marginal por insuficiência térmica. Já a classe marginal por déficit hídrico representou apenas 5,53%, concentrados apenas na região Nordeste. Cerca de 68,37% do estado do Pernambuco foi classificado como marginal por déficit hídrico. Nessa região é necessário a utilização de irrigação para o cultivo do Urucum, possibilitando alto rendimento;

O estado de São Paulo é o maior produtor da semente, com produção de 5467 toneladas em 2020 (IBGE, 2021), 34,07% do território estadual foi classificado como apto (Tabela 1). 38,06% de SP foi classificado como marginal por insuficiência térmica, porém possibilitando altas produções dependendo da cultivar. As localidades com maior produção são Monte Castelo – SP (1015 toneladas), Salmourão – SP (676 toneladas), Dracena – SP (600 toneladas) todas foram classificadas como aptas. Esses municípios se localizam na região oeste de São Paulo, divisa com o Mato Grosso do Sul (MS). O MS é um estado que possui alto potencial produtivo para a cultura (91,61% do território apto), porém apresentou produção de apenas 688 toneladas em 2020, sendo o sexto maior produtor.

O cenário RCP-5 8.5 alterou o zoneamento climático para o Urucum em todos os períodos (Figura 3). A classe de completa aptidão reduziu em todos os períodos, com média para os períodos de 27,91%, 20,16%, 12,11%, 6,50%. Durante 2021-2040 o zoneamento manteve muito das suas áreas aptas, porém ocorreu o acréscimo de áreas marginais e inaptas por excesso térmico na região Norte do país (Figura 3 A). Em 2041-2060 as classes mais comuns no país foram marginais por excesso térmico (42,51%) e marginal por insuficiência térmica (24,13%). Já durante 2061-2080 a maior parte de país foi classificada como inapta por excesso térmico (63,36%), todos os estados do norte apresentaram mais de 98% do território inapto.

A partir do ano 2081 a situação ficou grave, mais de 90% do território das regiões produtoras apresentou condições inaptas por excesso térmico. 80,08% do país foi classificado como inapto (79,95% inapto por excesso térmico), um aumento de 71,71%

Realização



Apoio



em relação ao cenário atual. As regiões aptas se concentraram exclusivamente na região sudeste do país: leste de São Paulo e Sul de Minas Gerais e sul do país (Figura 3 D). São Paulo apresentou uma redução de apenas 0,2% da classe Apto, porém no futuro a região leste apresentou maiores potencial para o cultivo do Urucum, podendo impactar na economia das localidades como Dracena - SP. Durante esse período ocorreu uma conversão das áreas inaptas por insuficiência térmica (atual) para completamente apta (2081-2100). Os estados do Sul apresentaram aptidão ao cultivo da cultura, média de 44,19%, com destaque para o norte do Paraná (60,88%). O Mato Grosso do Sul demonstrou.

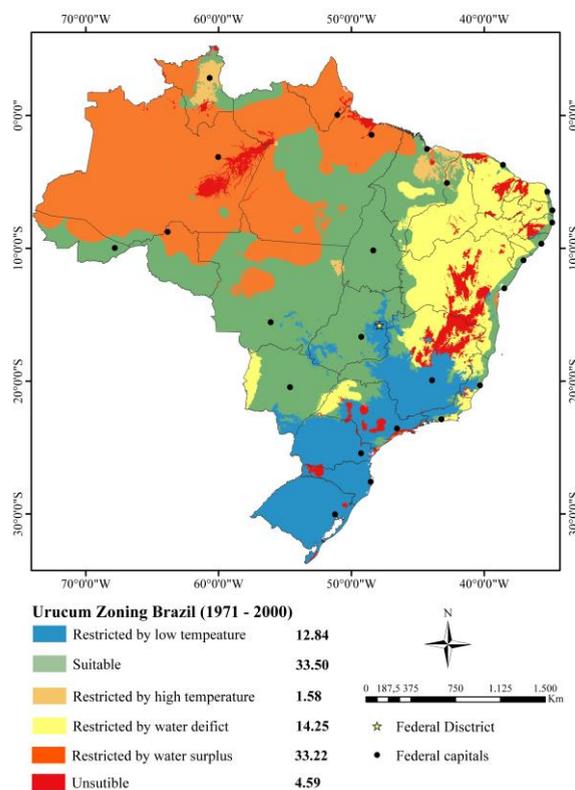


Figura 2. Zoneamento climático para o Urucum (*Bixa orellana*) no cenário atual em todo o território brasileiro.



Estados	Inapto insuficiência térmica	Marginal insuficiência térmica	Apto	Marginal déficit hídrico	Marginal excesso hídrico	Maginal excesso térmico	Inapto excesso térmico
AC	-	-	28,97%	-	71,03%	-	-
AL	0,00%	2,15%	52,91%	39,15%	5,78%	-	-
AM	0,02%	0,05%	0,01%	-	94,83%	5,09%	-
AP	-	-	-	-	97,02%	2,98%	-
BA	2,90%	12,59%	43,68%	39,36%	1,46%	-	-
CE	-	2,60%	48,95%	31,70%	-	16,74%	-
DF	0,93%	97,89%	1,18%	-	-	-	-
ES	16,89%	13,56%	69,55%	-	-	-	-
GO	0,08%	19,12%	80,80%	-	-	-	-
MA	-	-	69,23%	-	15,31%	15,45%	-
MG	21,24%	38,63%	38,74%	1,24%	0,16%	-	-
MS	-	8,39%	91,61%	-	-	-	-
MT	-	1,09%	46,86%	-	51,17%	0,88%	-
PA	-	-	10,59%	-	87,54%	1,87%	-
PB	0,09%	4,22%	46,50%	47,78%	1,28%	0,14%	-
PE	0,30%	15,19%	13,48%	68,37%	2,65%	-	-
PI	-	0,00%	71,28%	21,31%	-	7,41%	-
PR	70,22%	27,99%	1,78%	-	0,02%	-	-
RJ	22,74%	25,88%	50,18%	-	1,20%	-	-
RN	-	0,00%	28,68%	52,44%	-	18,88%	-
RO	-	0,02%	43,75%	-	56,20%	0,04%	-
RR	0,10%	1,75%	5,56%	-	63,69%	28,90%	-
RS	92,33%	7,67%	-	-	-	-	-
SC	94,50%	5,50%	-	-	-	-	-
SE	-	0,54%	65,07%	34,22%	0,18%	-	-
SP	26,46%	38,06%	34,07%	-	1,41%	-	-
TO	-	0,04%	92,60%	-	7,04%	0,32%	-
Brasil	8,27%	7,40%	32,47%	5,53%	42,98%	3,36%	-

Tabela 1. Porcentagem das classes de zoneamento climático do Urucum para cada estado brasileiro.

Realização



Apoio



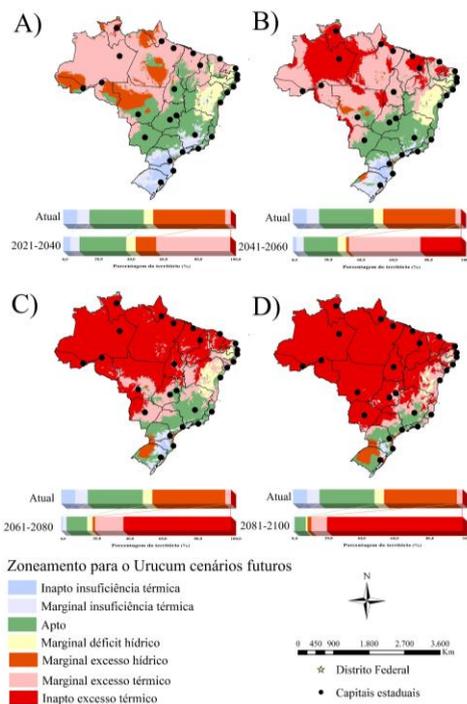


Figura 3. Zoneamento climático para o Urucum (*Bixa orellana*) no SPP-5 8.5 em todo o território brasileiro para os períodos 2021-2040 (A), 2041-2060 (B), 2061-2080 (C) e 2081-2100 (D).

CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A temperatura do ar do ar varia de 7,90 a 29,50°C, com média de 24,32°C, sendo o mês de novembro o mais quente (25,0°C). Já a precipitação acumulada anual varia de 377 a 3858 mm, média de 1748 mm, sendo o verão a estação mais chuvosa (50% do total anual) e o inverno a mais seca (11,69%). A região norte é a mais quente (25,91°C) e chuvosa (2227,55), o Nordeste a mais seca (1024,06 mm) e o região Sul a mais fria (17,03°C). O cenário SPP-5 8.5 projeta um aumento da temperatura do ar em todos os períodos, 2021-2040 (1,51°C), 2041-2060 (2,81°C), 2061-2080 (4,46°C) e 2081-2100 (6,68°C). Em relação a precipitação do apenas o período 2021-2040 apresentou um

Realização

Apoio

aumento de 3 mm na média acumulada anual (1754,48 mm), os períodos 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100 projeta uma redução de 26,31; 37,03 e 86,58 mm, respectivamente

O zoneamento climático do Urucum para o cenário atual possui 5 classes. A classe que mais predomina é marginal por excesso hídrico (42,99%), seguida pela classe Apto (32,47%), com destaque para a região central do país: Mato Grosso do Sul (91,61), Goiás (80,80) e Tocantins (92,6%). Esses estados possuem alto potencial produtivo para o Urucum. São Paulo apresentou 34,07% do território apto para o cultivo do Urucum. No cenário atual o Brasil não possui regiões inaptas por excesso térmico.

O cenário RCP-5 8.5 altera o zoneamento climático para o Urucum em todos os períodos. A classe de aptidão reduz em todos os períodos, com média para os períodos de 27,91% (2021-2040), 20,16% (2041-2060), 12,11% (2061-2080), 6,50% (2081-2100). A partir do ano 2081 mais de 90% do território das regiões produtoras apresenta condições inaptas por excesso térmico. Durante 2081-2100 80,08% do país é classificado como inapto (79,95% inapto por excesso térmico). Mato Grosso do Sul não apresenta mais área apta ao cultivo do Urucum. Já no estado de São Paulo ocorre uma inversão da região apta, passando do oeste (atual) para o leste (2081-2100) a região apta para cultivar o Urucum.

REFERÊNCIAS

ABABAEI, B.; NAJEEB, U. Detection of major weather patterns reduces number of simulations in climate impact studies. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 206, n. 3, p. 376–389, jun. 2020.

ADEFISAN, E. Climate Change Impact on Rainfall and Temperature Distributions Over West Africa from Three IPCC Scenarios. **Journal of Earth Science & Climatic Change**, v. 09, n. 06, 2018.

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

Realização



Apoio



- ALMEIDA, H. DE. Climatologia aplicada à Geografia. **Universidade Estadual da**, 2016.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013a.
- ALVARES, C. A. et al. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and applied climatology**, v. 113, n. 3, p. 407–427, 2013b.
- APARECIDO, L. E. DE O. et al. Agroclimatic zoning for urucum crops in the state of Minas Gerais, Brazil. **Bragantia**, v. 77, n. 1, p. 193–200, 18 dez. 2017.
- BAETHGEN, W. E.; MEINKE, H.; GIMENE, A. **Adaptation of agricultural production systems to climate variability and climate change: lessons learned and proposed research approach**. Climate Adaptation. net conference “Insights and Tools for Adaptation: Learning from Climate Variability. **Anais...**2003.
- BRAGA, F. G. et al. Antileishmanial and antifungal activity of plants used in traditional medicine in Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 111, n. 2, p. 396–402, maio 2007.
- BRITO, J. G. DE et al. Armazenamento de grãos residuais de urucum sob atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1185–1191, dez. 2015.
- CASTRO, C. DE et al. A cultura do urucum. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental. Brasília: Embrapa**, 1994.
- DE SÁ JÚNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, n. 1, p. 1–7, 2012.
- FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302–4315, out. 2017.
- IBGE, I. B. D. G. E. E. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA: Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2020>>. Acesso em: 28 jan. 2021.

Realização

Apoio