

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO CAFÉ NO BRASIL

LORENÇONE, J. A.¹; LORENÇONE, P. A.¹ LIMA, R. F.¹; TORSONI, G. B.¹; APARECIDO, L. E. O.²

¹IFMS, Campus Naviraí; ²IFSul de Minas, Campus Muzambinho.

RESUMO

O objetivo desse estudo é realizar o zoneamento climático para o cultivo de café arábica em diferentes cenários de mudanças climáticas preconizados pelo IPCC, visando mensurar o impacto futuro do clima nos cafeeiros brasileiros. O trabalho foi realizado para todo o Brasil, sendo utilizado dados de temperatura do ar média anual, temperatura do ar média do mês de novembro, temperatura do ar média do mês mais frio e déficit hídrico médio anual acumulado, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil -INMET (Brasil, 1992), no período de 1960-2020. Ainda, para obtenção dos dados climáticos futuros foi utilizado o modelo climático o BCC – CSM 1.1 com resolução de 125 x 125 km, coletados da plataforma WordClim 2 para 2041 até 2080, utilizando os cenários Representative Concentration Pathway (RCP) 2.6, 4.5, 6.0, 8.5. O Brasil apresenta estações bem definidas regionais, sendo normalmente verão úmido e quente, e inverno frio e seco. O País demonstrou uma grande variabilidade climática dentre as regiões, sendo o Nordeste a região com maiores valores para temperatura do ar e déficit hídrico, por outro lado a região Norte concentrou os menores volumes de déficit hídrico e a região sul se caracteriza pelas menores temperaturas do ar encontradas no país. Todos os cenários futuros de mudanças climáticas demonstraram redução no total de áreas aptas ao cultivo do cafeeiro no Brasil, com redução média de 50%.

Palavras-chave: IPCC, Modelagem climática, Secas severas, CMIP5.

INTRODUÇÃO

O café é um cultivo perene da família Rubiaceae, sendo a espécie *Coffea arabica* a mais cultivada (SIMÕES et al., 2020) e um dos principais cultivos globais, possuindo grande participação econômica (VEGRO; DE ALMEIDA, 2020). O cultivo de café tem papel fundamental na geração de empregos e renda, estando muito presente na agricultura familiar (MUÑOZ-RIOS; VARGAS-VILLEGAS; SUAREZ, 2020). É uma das commodities mais comercializadas no mundo (BOHL; GROSS; SOUZA, 2019), sendo o Brasil o maior produtor e exportador do grão (WTO, 2020).

O zoneamento agroclimático (ZAC) consiste na determinação dos locais aptos para o cultivo de espécies de interesse, considerando as exigências informações macroclimáticas (NABATI et al., 2020). Nesse contexto, esses locais caracterizam maior probabilidade de sucesso em termos de produtividade (PEZZOPANE et al., 2012). O zoneamento agroclimático é uma ferramenta fundamental para o planejamento agrícola, auxiliando na determinação da

cultura a ser implantada em uma região, auxiliando também na redução das perdas (CABRÉ; NUÑEZ, 2020). Segundo Mitidieri e Medeiros (2008) o zoneamento agroclimático permite indicar, com grande margem de segurança, o local e o período mais apropriados para cultivar determinada cultura em cada região e tipo de solo.

As mudanças climáticas se tornaram um grande problema no século 21 (WHITE; BROOKE; PFISTER, 2018). Estudos comprovam que a produção de alimento será impactada negativamente, ao mesmo tempo em que a população continua com seu crescimento (ABABAEI; NAJEEB, 2020; SHAH; SIDERIUS; HELLEGERS, 2020). No último século, a temperatura global aumentou 1 °C ($\pm 0,2$), as previsões para 2100 são de aumentos entre 1,5 °C e 6 °C (IPCC, 2014, 2018). Essas condições podem representar um risco para a vegetação devido ao aumento da evaporação, períodos mais longos de seca e redução disponibilidade de água no solo para as plantas (LIBERATO; BRITO, 2010).

Dessa forma, o objetivo desse estudo é realizar o zoneamento climático para o cultivo do café arábica nos diferentes cenários de mudanças climáticas, visando mensurar o impacto futuro do clima nos cafeeiros brasileiros.

MATERIAL E MÉTODOS

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. Foram coletados os elementos climáticos Temperatura do ar (°C) e Precipitação (mm), de 4.947 estações meteorológicas do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil - INMET (Brasil, 1992), no período de 1960-2020.

Os dados provenientes do IPCC são resultados de simulações de modelos globais de alguns centros de pesquisa que contribuem para a confecção do relatório do IPCC-AR5, forçadas pelas concentrações observadas de gases de efeito estufa durante o século XX e forçadas por uma concentração estimada para o século XXI (IPCC, 2013). O modelo climático global utilizado foi o BCC – CSM 1.1 desenvolvido no Centro Climático de Pequim (BCC), possui resolução de 125 x 125 km, com 26 níveis verticais, seus componentes são: atmosfera, superfície de terra, oceano, gelo marinho, ciclo do carbono terrestre, ciclos biogeoquímicos do oceano (FLATO et al., 2014). Os dados climáticos dos cenários RCPs foram coletados através da plataforma WorldClim 2 (FICK; HIJMAN, 2017).

Os RCPs (Representative Concentration Pathways), servem como entrada para modelagem climática e química atmosférica nos experimentos numéricos do CMIP5, eles recebem seus nomes a partir dos níveis das forçantes radiativas, em W.m⁻² (IPCC, 2007). Neste trabalho serão usados os cenários RCP2.6, RCP4.5, RCP6 e RCP8.5 para análise das projeções do século XXI.

A temperatura do ar será utilizada para a realização do cálculo da evapotranspiração a partir do método de Thornthwaite (1948). A precipitação e a evapotranspiração foram utilizadas para realizar o balanço hídrico climatológico segundo Thornthwaite e Mather (1955), com uma capacidade de água disponível (CAD), de 100 mm.

Para poder identificar as áreas aptas, restritas ou inaptas ao cultivo do café foram utilizadas as faixas de aptidão climáticas ideais de temperatura do ar (°C), temperatura do ar do mês de novembro (°C), temperatura do ar do mês mais frio do ano (°C) e déficit hídrico para o *C.arabica*, conforme os seguintes autores Camargo (1977), Matiello (1991) e Camargo e Pereira (1994) (Figura 1).

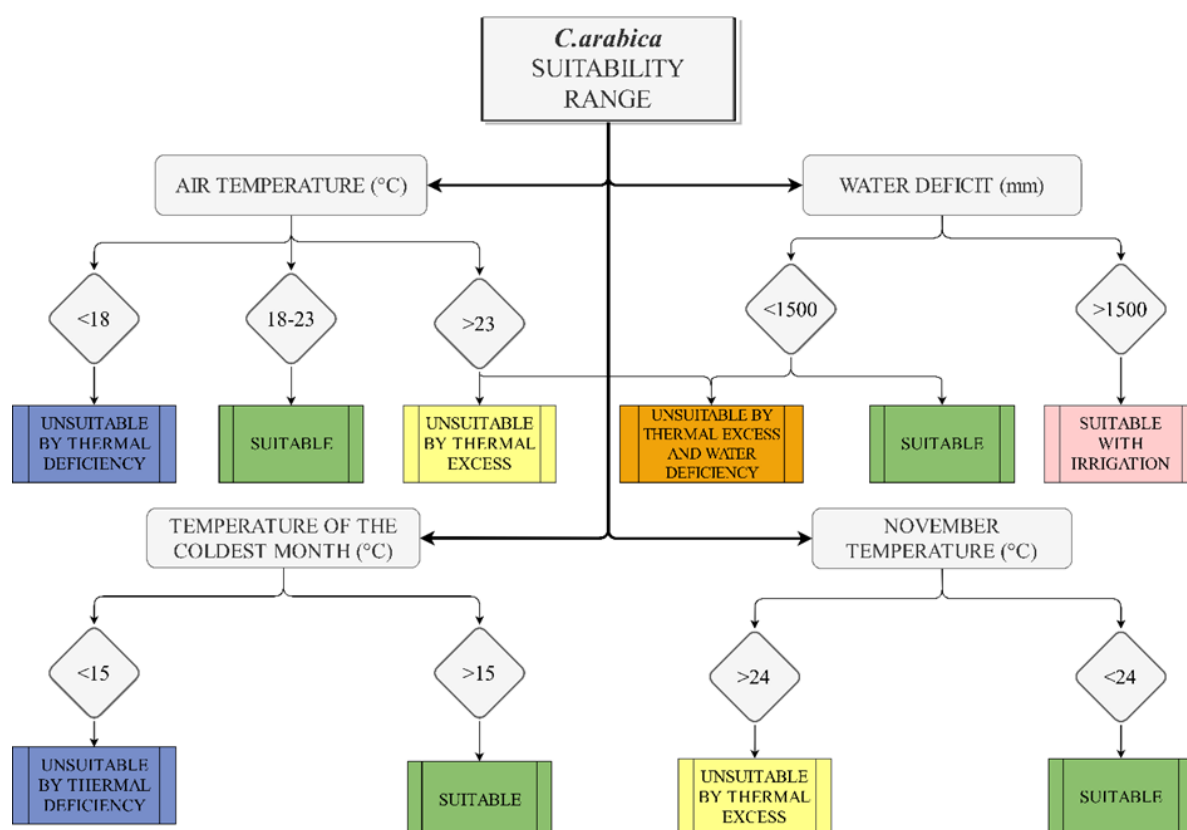


Figura 1. Chave de classificação utilizada para definir as faixas de aptidão de café arábica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O zoneamento para o café arábica indicou que a maior parte do território brasileiro é classificada como restrita climaticamente (Figura 2). O Brasil apresentou 8,72% (740 892 km²) de sua área apta para o cultivo do cafeeiro, sendo a regiões Centro-Sul do país, concentrando os estados de Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo. O maior destaque foi para os estados de Minas Gerais e São Paulo, que são os maiores produtores nacionais do cultivo e possuem a maior área apta para o café do país. Resultado semelhante ao encontrado por Camargo (1977), que realizou o primeiro zoneamento do cafeeiro para todo o Brasil. Especificamente, o estado de Minas Gerais, o maior produtor de café do país (IBGE, 2018), apresentou 49,74% de seu território apto para o cultivo do cafeeiro, indo ao encontro com os resultados de SEDIYAMA et al., (2001), que também realizaram o zoneamento do café arábica para o estado de Minas Gerais, o qual revelou que 48,7% do território do estado é apto para o cultivo.

No trabalho de Camargo (1977) áreas com intenso DEF e altas temperaturas do ar, foram as mais comuns pelo país. Semelhante, a classe de aptidão para o cafeeiro no período atual, mais predominante no Brasil foi restrito por excesso térmico representando 47,14% do território. Já em segundo ficou a classe Restrito por excesso térmico e restrição hídrica apontou 32,80% do país, essas regiões apresentam uma alta limitação para o cultivo do cafeeiro, podendo ser consideradas inaptas. Algumas regiões restritas possuem potencial para tornar-se aptas, como as regiões restritas por condicionantes hídricos, 5,11% da área do país, localizadas principalmente ao norte do estado de Minas Gerais e sul da Bahia e Goiás (Figura 2). Nessas regiões é indicada a utilização de irrigação, para suprir a necessidade hídrica das culturas, principalmente em fases vegetativas e de frutificação (PADOVAN et al., 2018). Localidades como Goiânia e Brasília, a capital do Brasil, a utilização da irrigação pode proporcionar melhor desenvolvimento do cafeeiro na região (Figura 2).

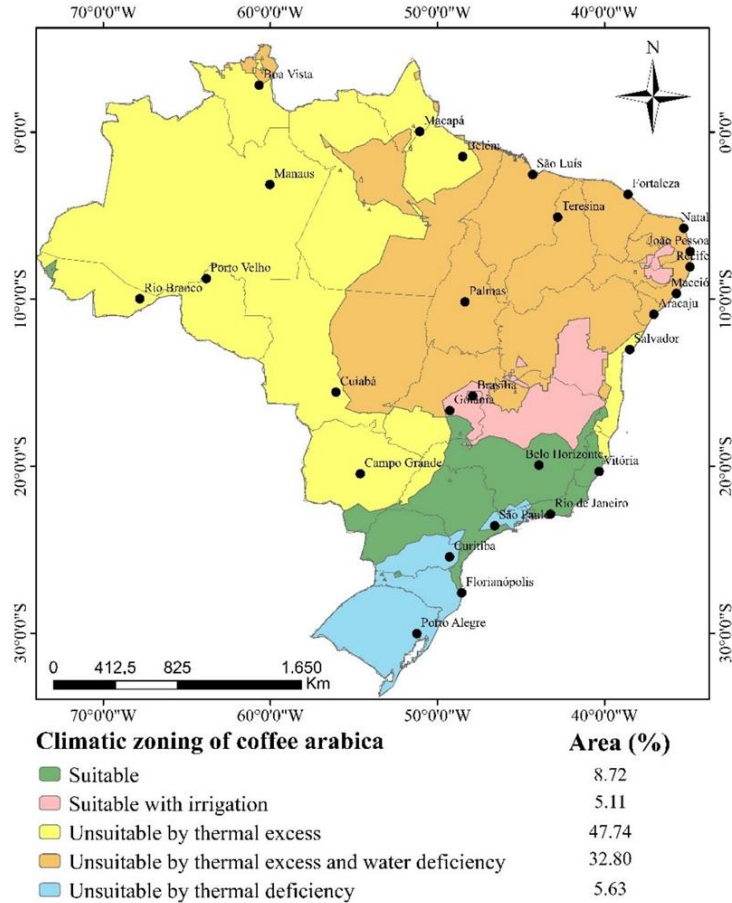


Figura 2. Zoneamento climático do *Coffea arabica* para o Brasil.

O zoneamento agroclimático do *Coffea arabica* nos cenários de mudanças climáticas, apresentou um aumento significativo das áreas inaptas, com grande redução das áreas aptas ao cultivo do cafeeiro (Figura 3 E). Grande parte do estado de Minas Gerais, indicou diminuição das áreas aptas em todos os cenários, da mesma maneira para o estado de São Paulo, por outro lado parte da região sul do país, passaram de inaptas por insuficiência térmica para aptas ao cultivo (Figura 3). Essas alterações de aptidões climáticas no Brasil podem resultar em redução da produção de café, tendo em vista que as regiões com maiores altitudes no país podem apresentar restrições climáticas e grande parte das prováveis novas regiões aptas ao cultivo não possuem uma altitude que estimule o melhor desenvolvimento do cafeeiro (CARVALHO; CARVALHO; SOUZA, 2019).

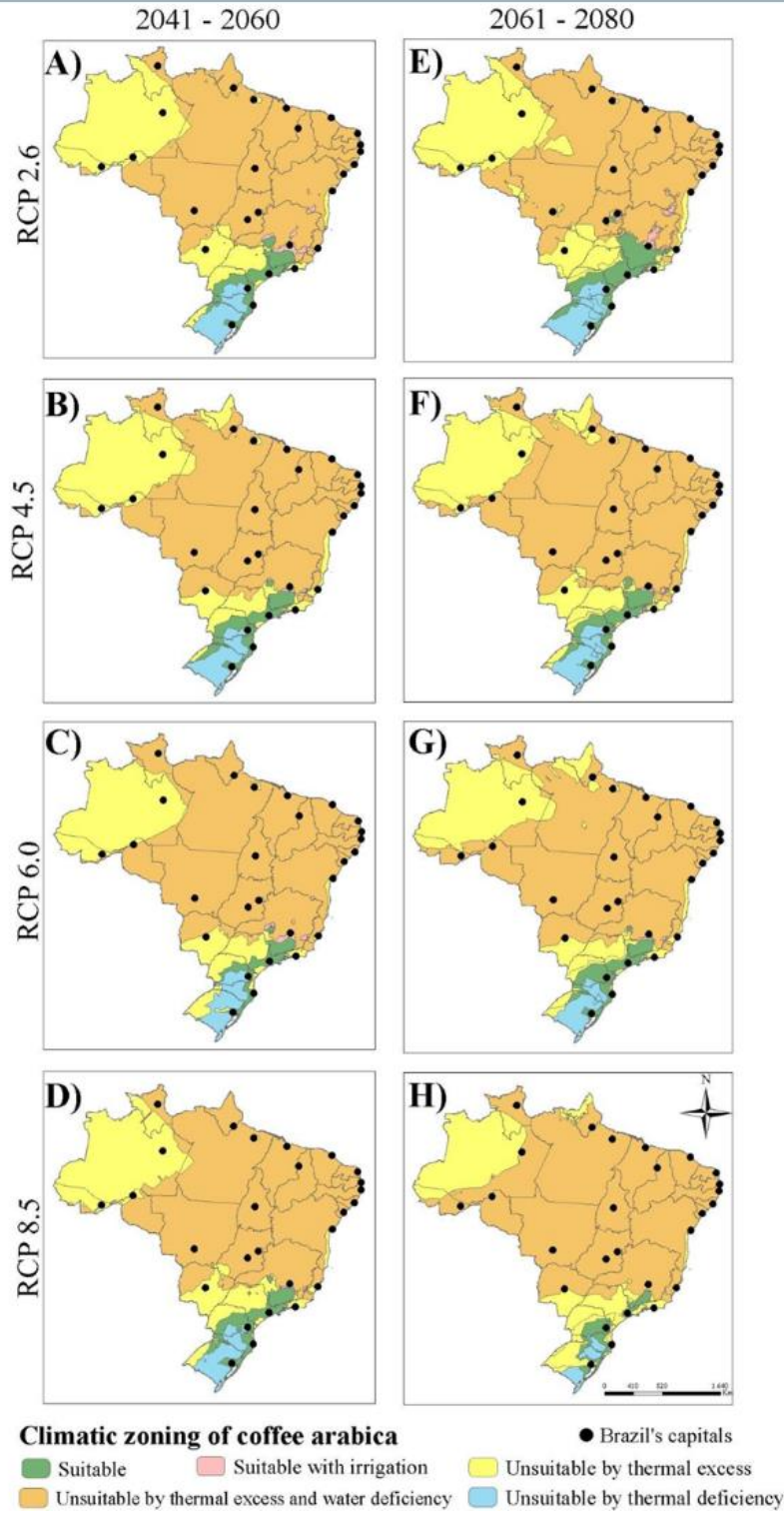


Figura 3. Zoneamento climático do Coffea arábica para o Brasil nos diferentes cenários de mudanças climática.

CONCLUSÕES

As mudanças climáticas futuras podem impactar negativamente a cultura do cafeeiro em todos os cenários RCPs estudados. Todos os cenários do modelo BCC – CSM 1.1 apresentam redução no total de áreas aptas ao cultivo do cafeeiro no Brasil, com redução média de 50%. Ainda, as áreas com restrição por excesso térmico e deficiência hídrica são as mais comuns por todo o país nos cenários futuros, com média de 62,95% de todo território.

O clima atual do Brasil se destaca por apresentar estações bem definidas, sendo verão úmido e quente, já o inverno frio e seco. O País possui uma grande variabilidade climática dentre as regiões, sendo o Nordeste a região com maiores valores para temperatura do ar e déficit hídrico do país, por outro lado a região Norte concentra os menores volumes de déficit hídrico e a região sul se caracteriza pelas menores temperaturas do ar encontradas no país.

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.
- BOHL, M. T.; GROSS, C.; SOUZA, W. The role of emerging economies in the global price formation process of commodities: Evidence from Brazilian and U.S. coffee markets. **International Review of Economics & Finance**, v. 60, p. 203–215, 1 mar. 2019.
- CABRÉ, F.; NUÑEZ, M. Impacts of climate change on viticulture in Argentina. **Regional Environmental Change**, v. 20, n. 1, p. 12, 6 fev. 2020.
- CAMARGO, A. DE. Zoneamento de aptidão climática para a cafeicultura de arábica e robusta no Brasil. **Fundação IBGE, Recursos, meio ambiente e poluição**, p. 68–76, 1977.
- CAMARGO, A. DE; PEREIRA, A. Agrometeorology of the coffee crop. **Geneva: World Meteorological Organization**, p. 92, 1994.
- CARVALHO, C. F.; CARVALHO, S. M.; SOUZA, B. Coffee. In: SOUZA, B.; VÁZQUEZ, L. L.; MARUCCI, R. C. (Eds.). **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems**. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 277–291.
- 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.
- FLATO, G. et al. Evaluation of climate models. In: **Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [s.l.] Cambridge University Press, 2014. p. 741–866.
- IBGE, I. B. D. G. E. E. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA: Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadcm>>. Acesso em: 28 maio. 2020.

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 INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, , 2014.

IPCC. Global Warming of 1.5°C, Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, , 2018.

LIBERATO, A. M.; BRITO, J. Influência de mudanças climáticas no balanço hídrico da Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 3, p. 170–180, 2010. 7

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. [s.l.] Editora Globo São Paulo, 1991.

MITIDIARI, F. J.; MEDEIROS, J. X. DE. Zoneamento Agrícola de Risco Climático Ferramenta de auxílio ao seguro rural. **Revista de Política Agrícola**, v. 17, n. 4, p. 33–46, 2008.

MUÑOZ-RIOS, L. A.; VARGAS-VILLEGAS, J.; SUAREZ, A. Local perceptions about rural abandonment drivers in the Colombian coffee region: Insights from the city of Manizales. **Land Use Policy**, v. 91, p. 104361, 1 fev. 2020.

NABATI, J. et al. GIS-based agro-ecological zoning for crop suitability using fuzzy inference system in semi-arid regions. **Ecological Indicators**, v. 117, p. 106646, out. 2020.

PADOVAN, M. P. et al. Water loss by transpiration and soil evaporation in coffee shaded by *Tabebuia rosea* Bertol. and *Simarouba glauca* dc. compared to unshaded coffee in sub-optimal environmental conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 248, p. 1–14, jan. 2018.

PEZZOPANE, J. et al. Agrometeorologia: aplicações para o Espírito Santo. **Alegre, ES: CAUFES**, 2012.

SEDIYAMA, G. C. et al. 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.

SIMÕES, R. DE O. et al. Sensory characterization of coffee (*Coffea arabica* L.) Harvested in different percentages of the cherry maturation stage / Caracterização sensorial do café (*Coffea arábica* L.) colhido em diferentes percentagens do estágio de maturação cereja. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19825–19836, 16 abr. 2020.

THORNTHWAITE, C.; MATHER, J. The water balance publications in *Climatology*, 8 (1). **DIT, Laboratory of climatology, Centerton, NJ, USA**, 1955.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical review**, v. 38, n. 1, p. 55–94, 1948.

VEGRO, C. L. R.; DE ALMEIDA, L. F. Chapter 1 - Global coffee market: Socio-economic and cultural dynamics. Em: DE ALMEIDA, L. F.; SPERS, E. E. (Eds.). . **Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil**. Woodhead Publishing Series in Consumer Sci & Strat Market. [s.l.] Woodhead Publishing, 2020. p. 3–19.



WHITE, S.; BROOKE, J.; PFISTER, C. Climate, Weather, Agriculture, and Food. In: WHITE, S.; PFISTER, C.; MAUELSHAGEN, F. (Eds.). . **The Palgrave Handbook of Climate History**. London: Palgrave Macmillan UK, 2018. p. 331–353.

WTO, W. T. O. **Statistics on merchandise trade**. Disponível em: <timeseries.wto.org/>. Acesso em: 28 maio. 2020.