



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**ANÁLISE DA TENDÊNCIA DA PRODUTIVIDADE E DA QUALIDADE DO  
CAFÉ (*coffea arábica* L.) NO  
ESTADO DE SÃO PAULO NOS CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS  
SSP2 4.5 E SSP5 8.5**

João Pedro Bonifacio de Souza

Relatório de iniciação científica do  
Programa PIBIC, orientada pela Dra.  
Daniela Carneiro Rodrigues.

INPE  
Seropédica  
2024

## RESUMO

Para compreender e enfrentar os desafios iminentes no setor cafeeiro nos próximos anos, é crucial investigar como a produtividade e a qualidade do café arábica serão impactadas pelas mudanças climáticas. Devido às suas exigências específicas de temperatura, altitude e umidade, o café arábica, responsável por aproximadamente 60% da produção global, é altamente sensível aos efeitos dessas mudanças. Com o aumento das temperaturas globais, espera-se que áreas de cultivo próximas se tornem menos favoráveis, exigindo possivelmente o deslocamento das plantações para latitudes mais altas. Este estudo visa analisar como as temperaturas críticas do ar durante os estágios de floração e maturação afetarão a produtividade e a qualidade do café arábica em várias regiões produtoras. Utilizando dados de temperaturas mínimas e máximas fornecidos pelo modelo Eta-INPE, serão analisadas as temperaturas no clima futuro (2020-2100) sob os cenários de aquecimento global SSP2-4.5 e SSP5-8.5 do IPCC. A pesquisa inclui dados históricos de projeções climáticas para América do Sul regionalizadas pelo modelo Eta com correção de viés para eliminar eventuais erros sistêmicos do modelo e projetar tendências de temperaturas extremas, cruciais para compreender o impacto nas plantações de café. Um levantamento bibliográfico foi realizado, sobre tendências de temperatura máxima e mínima observados atualmente, além de projeções futuras pelo modelo Eta, em diversas regiões produtoras de café. Foi extraído das simulações uma série de dados de 15 anos, 1976 a 2005, totalizando o equivalente a 10.957 dias, do ponto equivalente a Carmo de Minas-MG, por ser uma localidade conhecida pela produção do café arábica de qualidade. Os resultados mostraram que as temperaturas ideais entre 18°C e 22°C ocorreram em 51% do tempo. Enquanto temperaturas inferiores ocorreram em 30% e superiores em 17%. Esta análise visa captar as variações climáticas ao longo do período e seus possíveis efeitos na agricultura. Estes resultados se referem às atividades de abril a julho, 4 meses, da safra, os próximos passos incluem aumentar o tamanho das séries temporais a serem analisadas, para completar pelo menos 30 anos. Em seguida, serão analisadas as projeções de temperatura nas localidades de produção de café de qualidade. O objetivo será identificar as mudanças nas frequências das temperaturas que produzem café de qualidade.

Palavras-chave: Café. Mudanças climáticas. Produção.

Keywords: Coffee. Climate change. Production

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>1.1 Problematização</b> .....	6
<b>1.2 Justificativa</b> .....	6
<b>1.3 Objetivos</b> .....	7
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	7
<b>2.1 Tipos de Dados Coletados</b> .....	8
<b>2.2 Fontes de Dados</b> .....	8
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	9
<b>3.1 Fenologia do café arabica</b> .....	9
<b>3.2 Produtividade</b> .....	10
<b>3.3 Impacto das mudanças climáticas</b> .....	12
<b>3.4 Doenças</b> .....	13
<b>4. RESULTADOS PRELIMINARES</b> .....	13
<b>4.1 Impacto das Mudanças Climáticas na Produção e Qualidade do Café Arábica</b> ....	13
<b>4.2 Distribuição Acumulada de Temperaturas Diárias Médias</b> .....	14
<b>4.3 Região de Alta Mogiana</b> .....	
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	15
<b>6. PROXIMAS ETAPAS</b> .....	16
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	16

## LISTA DE FIGURAS

1. Apresentação esquemática dos diferentes estágios fenológicos da cultura do café para o estado de São Paulo 10
2. Distribuição acumulada de Simulações do modelo regional climático Eta aninhado ao modelo global BESM, para o período de 1976-2005 14
3. Distribuição de frequência de simulações do modelo regional climático Eta aninhado ao modelo global BESM, para o período de 1976-2005 15

## 1. INTRODUÇÃO

O café arábica é uma das principais espécies cultivadas no país, destacando-se em estados como Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Bahia. Esta espécie é uma das mais antigas cultivadas no mundo e é conhecida por sua complexidade de cultivo e riqueza de aromas e sabores. A origem do café remonta à região da atual Etiópia, na África, onde se acredita que o grão foi descoberto por suas propriedades estimulantes, ajudando a combater o sono e a fadiga (Landau; Da Silva; Moura, 2020).

O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores e exportadores de café do mundo, ocupando a posição de maior produtor global de café arábica e robusta (conilon). A cafeicultura brasileira tem evoluído, impulsionada pelo aprimoramento do conhecimento sobre o sistema produtivo e pelo eficiente planejamento da lavoura, fatores essenciais para o aumento da produtividade. As condições climáticas e geográficas favoráveis, aliadas à dedicação dos produtores, têm sido fundamentais para o sucesso do setor. A produção de café no Brasil é marcada pela predominância das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, conhecidas como café arábica e robusta, respectivamente.

A *Coffea arabica*, apesar de sua menor produtividade e maior vulnerabilidade a pragas e doenças, é altamente valorizada pela qualidade superior dos grãos e o sabor mais complexo da bebida. Em contraste, a *Coffea canephora* destaca-se pela sua resistência e maior produtividade, adaptando-se bem a climas mais quentes e altitudes mais baixas. O cultivo de café no Brasil não só atende ao mercado interno, onde o país é o segundo maior consumidor de café do mundo, mas também sustenta uma posição de liderança nas exportações globais. A importância econômica e social da cafeicultura no Brasil justifica a necessidade de estudos aprofundados sobre as práticas de cultivo, desafios e oportunidades do setor.

## **1.1 Problematização**

A problemática central desse estudo é como as mudanças climáticas, especialmente o aumento das temperaturas e as variações nos padrões de chuva e umidade, podem afetar negativamente a produção de café arábica no Brasil, que é o maior produtor mundial desse tipo de café. Como o café arábica é altamente sensível a variações climáticas, há um risco significativo de que áreas atualmente propícias para o cultivo se tornem inadequadas no futuro.

Além disso, o estudo aponta preocupações específicas, como a maior frequência de geadas e estresse térmico, que podem causar grandes perdas na produtividade. A possibilidade de aumento na incidência de doenças como a ferrugem do cafeeiro também representa uma ameaça significativa. Esses fatores juntos podem resultar em uma redução na produção e qualidade do café, afetando a economia e o sustento de milhões de pessoas que dependem dessa cultura. A problemática, portanto, envolve a necessidade urgente de entender e mitigar esses impactos climáticos para garantir a sustentabilidade da produção de café no Brasil.

## **1.2 Justificativa**

O café arábica é altamente sensível a variações climáticas e requer uma faixa específica de temperatura e umidade para seu desenvolvimento ideal. O aumento das temperaturas médias pode levar a condições de estresse térmico e reduzir a eficiência fotossintética das plantas. Além disso, condições climáticas extremas, como calor intenso e seca prolongada, podem comprometer a maturação dos frutos e aumentar a incidência de doenças e pragas. Consequentemente, essas mudanças podem resultar em uma redução da qualidade dos grãos e na produtividade geral da cultura, exigindo a adaptação das práticas agrícolas e a implementação de estratégias de manejo para mitigar os impactos adversos e preservar a viabilidade da produção de café arábica.

### 1.3 Objetivos

- Objetivo Principal:

Avaliar e estimar a produtividade e qualidade do café arábica em função das temperaturas do ar críticas durante os estádios fenológicos floração e maturação, para algumas localidades produtoras do Estado de São Paulo, através de dados diários de temperaturas mínimas e máximas geradas pelo modelo Eta-INPE sob cenário de mudanças climáticas SSP2-4.5 e SSP5-8.5 de 2011 a 2100.

- Objetivo Específicos:

- Identificar e descrever os principais fatores geográficos e climáticos que influenciam a produtividade de café arábica.
- Examinar as tendências históricas e atuais na produção de café no Brasil, incluindo as variações bienais típicas da produção e as projeções para futuras safras.
- Avaliar o impacto das indicações geográficas na valorização e na qualidade das safras de café brasileiro, particularmente do café arábica.

## 2. METODOLOGIA

O café arábica (*Coffea arabica* L.) é uma das espécies de café mais importantes cultivadas no Brasil, sendo amplamente reconhecido pela alta qualidade de seus grãos e pela complexidade do sabor da bebida. A produção de café arábica é essencial para a economia e sociedade brasileiras, posicionando o país como um dos maiores produtores e exportadores mundiais. A produtividade e a qualidade do café arábica estão intimamente ligadas às condições climáticas, que influenciam diretamente os processos fenológicos da planta, como a floração e a maturação dos frutos.

Com o aumento das temperaturas globais, as áreas tradicionais de cultivo de café arábica podem se tornar menos adequadas, exigindo a migração das plantações para

altitudes mais elevadas. Neste estudo iniciamos com uma investigação bibliográfica de fatores sobre a fenologia da planta, produtividade, impactos causados pela pelas mudanças climáticas, e pragas e doenças que podem afetar a produção. Também utilizamos o ponto Carmo de Minas - MG, uma importante região produtora de café, que serve como referencial para análise posterior no estado de São Paulo. Utilizando dados de temperaturas mínimas e máximas fornecidos pelo modelo Eta-BESM para o período de 1976 a 2005, a análise explora como as mudanças climáticas podem alterar a fenologia do café arábica e, conseqüentemente, sua produtividade e qualidade.

## **2.1 Tipos de Dados Coletados**

- Dados Climáticos: Informações sobre temperaturas, precipitação e outras condições climáticas que influenciam a cultura do café.
- Dados Fenológicos: Observações sobre os ciclos de vida das plantas, desde a floração até a colheita.

## **2.2 Fontes de Dados**

- Companhia Nacional de Abastecimento (Conab): Fornece levantamentos periódicos sobre a safra de café no Brasil, detalhando a produção e a produtividade.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Realiza levantamentos sistemáticos da produção agrícola e fornece dados demográficos e geográficos relevantes.
- Organização Internacional do Café (OIC): Oferece dados globais sobre a produção e consumo de café.
- Universidades e Instituições de Pesquisa: Como a Universidade Federal da Paraíba e a UNESP de Rio Claro, que realizam estudos específicos sobre o desempenho produtivo e aspectos geográficos da cafeicultura.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Fenologia do café arábica

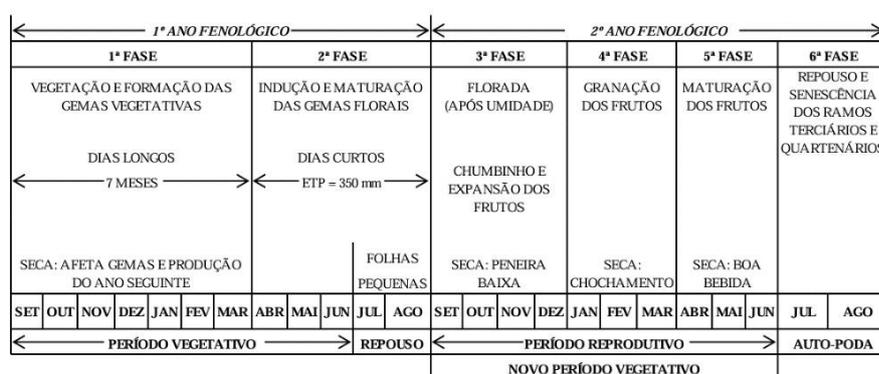
O desenvolvimento fenológico do café arábica, conforme esquematizado por Camargo e Camargo (2001), ocorre ao longo de um ciclo de 24 meses, dividido em seis fases principais, que são influenciadas pelas condições climáticas tropicais, como as encontradas no Brasil. No primeiro ano fenológico, a planta inicia seu desenvolvimento na 1ª fase, que ocorre entre setembro e março, caracterizada pela vegetação e formação das gemas foliares. Durante este período, o crescimento vegetativo é intenso, com a formação de novas folhas e ramos. A saúde da planta nesta fase é crucial, pois afeta diretamente a produção do ano seguinte, já que é neste momento que se formam as gemas foliares, que posteriormente se transformarão em flores.

A 2ª fase, que ocorre de abril a agosto, é marcada pela indução e maturação das gemas florais. Neste estágio, as gemas foliares amadurecem e começam a se transformar em gemas florais. As folhas da planta permanecem pequenas, indicando que a energia está sendo direcionada para o amadurecimento das gemas em vez de continuar o crescimento vegetativo. O segundo ano fenológico inicia com a 3ª fase, que corresponde à floração, ocorrendo entre setembro e dezembro. Este é um dos períodos mais críticos para a produção do café, pois a quantidade e a qualidade das flores determinarão a quantidade de frutos que serão produzidos. Condições ambientais desfavoráveis, como temperaturas extremas ou falta de chuvas, podem levar à queda das flores, reduzindo a produtividade.

Em seguida, a 4ª fase, que ocorre de janeiro a março, é dedicada à granação dos frutos. Após a polinização, as flores se transformam em frutos, que começam a crescer e amadurecer. O sucesso desta fase é essencial para determinar o tamanho e a qualidade dos grãos de café que serão colhidos. A 5ª fase, de abril a junho, é a fase de maturação dos frutos. Durante este período, os frutos continuam a amadurecer, acumulando açúcares e outros compostos que definirão a qualidade final dos grãos. A colheita geralmente ocorre ao final desta fase, quando os frutos atingem o ponto de maturação ideal.

A 6ª fase, de julho a agosto, é marcada pelo repouso e senescência dos ramos. Após a colheita, a planta entra em um período de repouso, durante o qual os ramos mais velhos podem passar por um processo de senescência. Este período de descanso é

fundamental para que a planta se recupere e se prepare para o próximo ciclo de crescimento e produção. Essas fases fenológicas do café arábica são fortemente influenciadas pelas condições climáticas, especialmente a temperatura e a precipitação, que podem variar significativamente entre diferentes regiões produtoras de café. O conhecimento detalhado dessas fases é essencial para o planejamento adequado das práticas agrícolas, como irrigação, fertilização e manejo de pragas, visando maximizar a produtividade e a qualidade do café.



**Figura 1** - Apresentação esquemática dos diferentes estádios fenológicos da cultura do café arábica para o Estado de São Paulo (Fonte: CAMARGO & CAMARGO, 2001).

### 3.2 Produtividade

O Brasil se destaca como um dos principais produtores de grãos no mundo. Atualmente, o país ocupa a posição de maior produtor mundial de café, mantendo esta liderança ao longo dos anos. Além disso, é o segundo maior consumidor do produto no mundo, conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2020) e da Organização Internacional do Café (OIC, 2020). Portanto, a cafeicultura no Brasil tem evoluído nos últimos anos, impulsionada pelo aprimoramento do conhecimento sobre o sistema produtivo. O entendimento da cultura do café, combinado com um planejamento eficiente da lavoura, é fundamental para aumentar a produtividade.

A indústria do café no Brasil conta com 12 indicações geográficas para o grão e apresentando safras crescentes de café arábica e robusta, de acordo com a Empresa

Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Toledo, 2023). As condições climáticas e geográficas do país são essenciais para esse sucesso, facilitando a alta produtividade, o consumo e a exportação do café. As espécies mais cultivadas no país são *Coffea arabica* (L) e *Coffea canephora* (Pierre ex.A. Froehner), conhecidas como café arábica e café robusta, respectivamente. O Nordeste do Brasil, especialmente a Bahia, é notável pela alta produtividade de café arábica na região, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021).

A espécie *Coffea arabica* é conhecida por produzir grãos de alta qualidade, o que resulta em uma bebida saborosa e, por isso, alcança um valor de venda superior, apesar de ser menos produtiva e mais vulnerável a pragas e doenças que a *Coffea canephora*. A cultura do café é caracterizada por sua sazonalidade, com fenômenos fenológicos que começam em um ano e se completam no seguinte, o que pode explicar variações na produtividade de ano para ano (Santos, 2023).

O Brasil também se posiciona como o maior exportador mundial de café arábica. Para alcançar resultados, diversos fatores são considerados, especialmente as condições climáticas, que variam entre as diferentes regiões do país. A temperatura ideal para o cultivo de café arábica varia entre 18 e 22°C, fazendo com que algumas regiões apresentem melhores desempenhos que outras.

É um fato que as condições que impactam a produtividade do café são fundamentais para os produtores, pois influenciam diretamente a qualidade e a quantidade da colheita. Como expõe Araujo (2021), o cultivo em altitudes elevadas pode beneficiar o sabor do café arábica, Alterações climáticas, como o aumento da temperatura e variações na exposição à luz, também afetam a qualidade do café. Além disso, climas mais secos e quentes podem reduzir a produção de café arábica nas regiões de São Paulo e Minas Gerais.

De acordo com os estudos conduzidos em janeiro de 2023 pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2023) e divulgados no Observatório do Café, do Consórcio Pesquisa Café coordenado pela Embrapa Café, a produtividade média esperada para a safra atual dos Cafés do Brasil é de cerca de 28,9 sacas por hectare. A estimativa aponta que a produção total alcançará 54,94 milhões de sacas de 60kg, distribuídas em uma área produtiva de 1,9 milhão de hectares, o que representa 84% do total de 2,26 milhões de hectares dedicados ao cultivo do café no país

### 3.3 Impacto das Mudanças Climáticas

No estudo de Tavares et al. (2017), projeções mostram grandes alterações na temperatura do ar para os cenários RCP4.5 e RCP8.5. Regiões com aquecimento mais intenso incluem grandes áreas de São Paulo, sudoeste de Minas Gerais, nordeste de Mato Grosso do Sul e sul de Goiás, situadas entre 18° S e 22° S e 48° W e 53° W. Nessas regiões, o aquecimento pode superar 8 °C até o final do século XXI (2071–2100) no cenário com maior concentração equivalente de CO<sub>2</sub>. No norte de São Paulo, áreas-chave para o cultivo de café, onde as temperaturas atuais são ideais, poderão se tornar inadequadas devido ao aquecimento.

Na região sul de Minas Gerais, tanto no clima atual quanto nas projeções para os cenários futuros RCP4.5 e RCP8.5, as condições são, em geral, ótimas para o desenvolvimento do café, com 72% da área sendo totalmente adequada ou adequada. No entanto, ao longo do século XXI, as reduções nas áreas sem restrições climáticas são evidentes. Segundo Tavares et al. (2017), as reduções esperadas são de cerca de 22%, 30% e 36% nos períodos de 2011–2040, 2041–2070 e 2071–2100, respectivamente, no cenário RCP4.5.

A produtividade do café é fortemente influenciada por fatores climáticos, principalmente temperatura e disponibilidade hídrica. No Brasil, o café Arábica cresce melhor em áreas com temperaturas médias anuais entre 18 e 22°C (Camargo 1977). Áreas com temperaturas entre 22 e 24 °C são consideradas restritas. Acima de 24 °C, o fruto amadurece mais cedo, coincidindo com o período das chuvas, o que prejudica a colheita e a qualidade do café devido à fermentação desnecessária (Pereira, e outros 2008). Áreas com temperaturas abaixo de 18 °C também são inadequadas porque a planta não consegue completar seu ciclo antes do aparecimento da primeira flora, o que afeta a produção futura (Pereira et al., 2008).

Alguns estudos analisaram a vulnerabilidade considerando as características genéticas e fisiológicas atuais das cultivares brasileiras de café arábica (NOBRE et al., 2005; ZULLO JUNIOR et al., 2006; DAMATTA e RAMALHO, 2006; ASSAD et al., 2007; PINTO et al., 2007) e inferiram que são prováveis reduções severas nas áreas adequadas para a produção de café. A perspectiva do aquecimento global tornou-se uma grande preocupação para pesquisadores e produtores ligados à cultura de café no Brasil.

É possível extrair de alguns relatórios sobre o aquecimento global as seguintes hipóteses: esses cortes podem alcançar valores de até 95% em Goiás, Minas Gerais e São Paulo, e até 75% no Paraná, em cenários de reduções no Brasil (ASSAD et al., 2004)

### **3.4 Doenças**

Nascimento (2022), salienta que o bicho-mineiro é uma praga conhecida por causar perdas consideráveis na produtividade dos cafezais. Outras pragas podem afetar o desenvolvimento do cafeeiro, como broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), cochonilhas das raízes (*Dysmicoccus cryptus*), cigarra-do-cafeeiro (*Quesada gigas*), ácaros, lagartas, caramujos, lesmas e ferrugem (*Hemileia vastatrix*), sendo estas as mais conhecidas.

Doenças e pragas também comprometem a produção e requerem monitoramento constante, assim o controle de pragas e doenças é uma etapa importante no plantio do café sombreado, assim como em outras modalidades de plantio. Assim aponta Nascimento (2022), que algumas infestações estão mais propensas a ocorrer em determinadas regiões do Brasil. A revisão da literatura indica que as mudanças climáticas não só afetam a produtividade e a qualidade do café, mas também podem agravar a incidência de doenças nas plantas, impactando negativamente a saúde das lavouras e aumentando a vulnerabilidade dos pequenos produtores (R. Ghini et al. 2011)

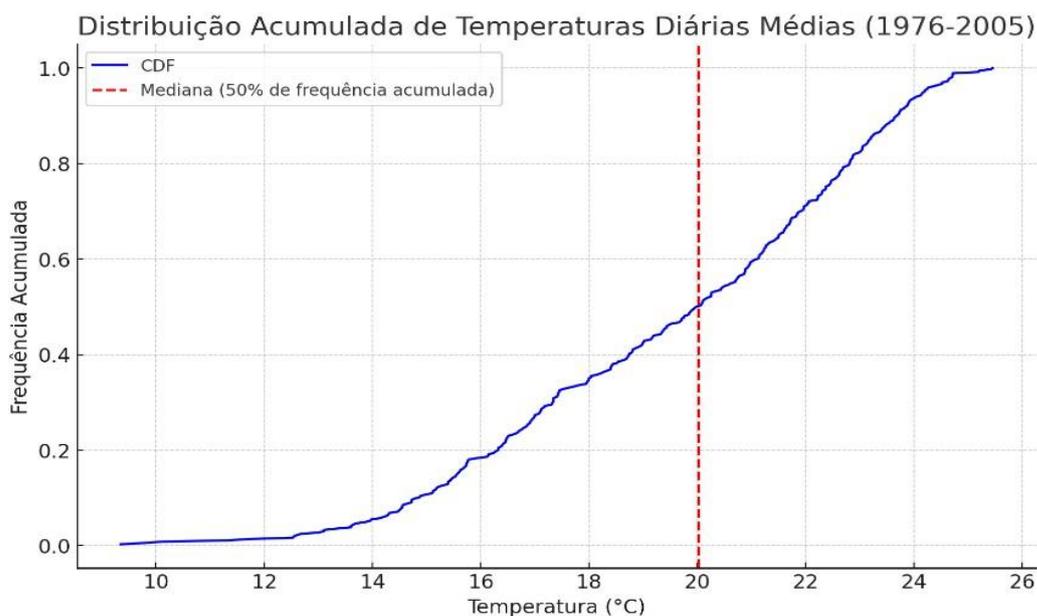
## **4. RESULTADOS PRELIMINARES**

### **4.1 Impacto das Mudanças Climáticas na Produção e Qualidade do Café Arábica.**

Os dados históricos e as projeções climáticas indicam que as temperaturas ideais para o cultivo do café arábica, que variam entre 18°C e 22°C, ocorrerão com menos frequência nos cenários de aquecimento global. Temperaturas superiores a 23°C, que podem prejudicar a floração e a maturação dos frutos, serão mais comuns, especialmente no cenário RCP-8.5, que projeta um aumento mais acentuado das temperaturas

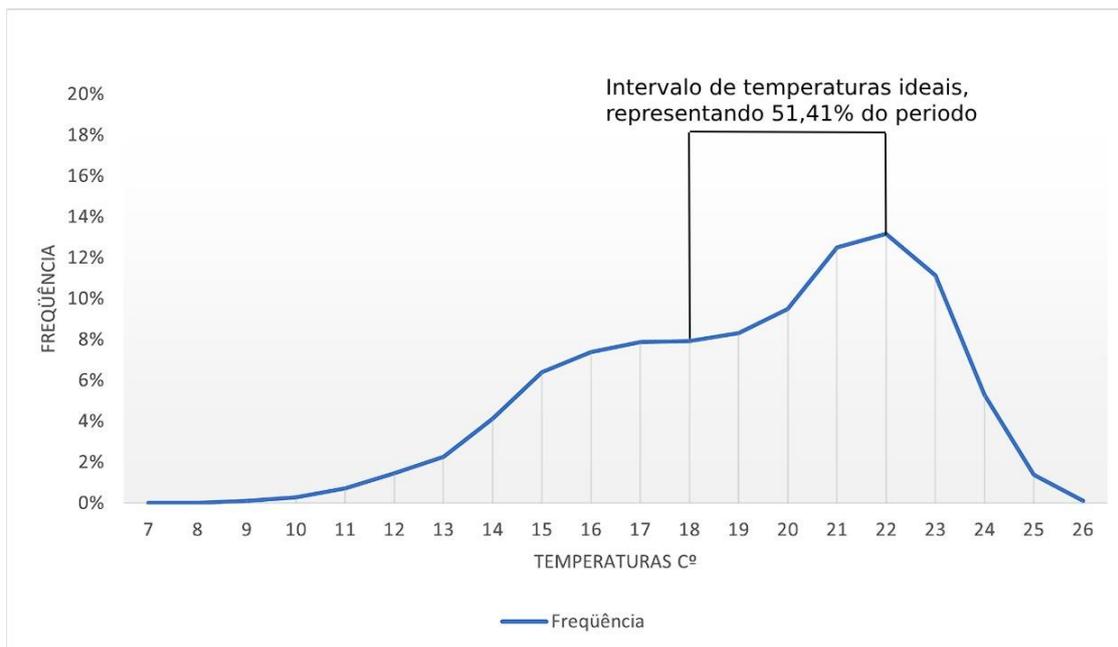
## 4.2 Distribuição Acumulada de Temperaturas Diárias Médias

O gráfico abaixo mostra a distribuição acumulada das temperaturas diárias médias entre 1976 e 2005. A linha vermelha pontilhada representa a mediana (50% de frequência acumulada). Esta análise é fundamental para entender o comportamento das temperaturas na região e como elas podem afetar a produtividade e a qualidade do café arábica em Carmo de Minas sob os cenários de mudanças climáticas RCP 4.5 e RCP 8.5.



**Figura 2. Distribuição acumulada de simulações do modelo regional climático Eta aninhado ao modelo global BESM, para o período de 1976-2005**

A linha vermelha pontilhada indica a mediana, que se encontra em torno de 20°C, as temperaturas diárias médias em Carmo de Minas estão próximas ou abaixo dessa faixa.



**Figura 3. Simulações do modelo regional climático Eta aninhado ao modelo global BESM, para o período de 1976-2005**

A análise dos dados climáticos sugere que, em Carmo de Minas, as temperaturas ideais ocorreram em 51,41% do tempo no período entre 1976 e 2005, com temperaturas inferiores a 18°C em 30,67% e superiores a 23°C em 17,92% do período. Com o aumento projetado das temperaturas, espera-se uma diminuição na frequência das temperaturas ideais, o que pode levar a uma redução na produtividade e na complexidade do sabor, assim como na acidez do café.

### 4.3 Região de Alta Mogiana

Para o aprofundamento do estudo, a região selecionada foi a de Alta Mogiana, localizada em oeste do estado de São Paulo, sendo uma região de grande importância com histórico referencial em produção de café, em 2005, a Alta Mogiana Specialty Coffees (AMSC) foi fundada por produtores de cafés especiais da Alta Mogiana, com o objetivo principal de agregar valor aos cafés de alta qualidade desta região. Em abril de 2012, esta região recebeu o primeiro selo de origem já concedido a cafés do Estado de São Paulo (INPI, 2012). Para o desenvolvimento deste trabalho foi feito um levantamento bibliográfico de informações a respeito região.

Em maiores altitudes e com temperaturas mais baixas, eles têm um ciclo de produção de café estendido. Em outras palavras, o intervalo entre a floração e a maturação completa dos frutos é maior. Os exemplos mais marcantes são regiões como Alta Mogiana, Avaré e Botucatu. Para esses locais, o efeito da altitude é reduzir as temperaturas médias e minimizar a variação climática. Portanto, o processo de crescimento da planta é mais lento e muito mais equilibrado (Camparotto, 2012)

Em áreas onde o clima é mais frio durante a maturação, o processo de fermentação é breve e permanece limitado à primeira fase. Como resultado, a maturação ocorre durante as estações climáticas secas, o que promove a secagem rápida da polpa e a impede de progredir para a segunda fase de fermentação. Essas características contribuem positivamente para a produção de uma bebida de alta qualidade. As temperaturas da região da Alta Mogiana são amenas, e apresenta acentuada escassez hídrica durante a maturação. Deve-se entender neste contexto que temperatura e umidade são fatores ambientais dos quais depende o tempo de fermentação. Portanto, esta região apresenta uma fermentação mais lenta em comparação com outras regiões do estado. Isto ocorre porque nestes meses mais frios e com menor índice pluviométrico, coincide com a maturação. As condições secas neste momento auxiliam na desidratação da polpa do café; portanto, não há condições para a continuação do processo de fermentação. Assim, é nesta região que apenas sua primeira fase é condicionada para a fermentação, o que é favorável a uma bebida de qualidade superior. (Camparotto, 2012)

Ao avaliar o trabalho de Torres et al; 2022, para a revisão dos dados apresentados, foram utilizados os dados do modelo NASA Power Project. a exposição ao risco climático para as plantas de café em uma das mais relevantes regiões produtoras de café do Brasil, a Alta Mogiana, foram aplicados Testes de Tendência Climática . Para os parâmetros gerais, os resultados indicaram aumento nas temperaturas máximas e mínimas e tendência decrescente para precipitação no período de 1991-2021. Portanto, pode-se dizer que nos últimos 30 anos houve mudanças nos padrões de temperatura e precipitação na região. Os testes estatísticos indicaram que houve tendência crescente nas temperaturas máximas diárias para aquela região, sendo a maior elevação (1,4°C) registrada no município de Pedregulho. Ela variou entre 1,2°C e 1,4°C. O aumento também foi verdadeiro para as temperaturas mínimas diárias, com os municípios de Buritizal, Jariquera, Ribeirão Corrente, Franca, Itirapuã, Patrocínio Paulista e Restinga liderando os demais ao registrar aumento de 0,8. Ela variou entre 0,6°C e 0,8°C. As temperaturas máximas durante os meses em que os cafeeiros florescem também têm aumentado e o maior desses aumentos, de 2,4°C, ocorreu em Pedregulho. Isso pode ter seu efeito na floração dos cafeeiros e, portanto, na quantidade e na qualidade dos frutos.

Portanto, como próximos passos da pesquisa, a região da Alta Mogiana será objeto de uma análise detalhada com o objetivo de coletar dados climáticos e que possam ser comparados e avaliados em relação aos dados obtidos do modelo Eta-BESM. Essa análise visa estabelecer um conjunto de informações que permita identificar padrões e tendências climáticas que possam ser considerados similares ou equivalentes entre os modelos.

## **5. CONCLUSÃO**

Os resultados são ainda preliminares, considerando que a bolsa teve início em abril deste ano. Durante esse período, foram realizadas leituras e revisões bibliográficas aprofundadas sobre o tema, e foi adquirido conhecimento significativo na manipulação de dados de modelos climáticos. A análise das simulações do modelo Eta, acoplado ao

BESM, revelou que as temperaturas produzidas são coerentes com as expectativas, o que indica a validade do modelo para a análise climática. Esses passos iniciais são fundamentais para estabelecer uma base sólida para a pesquisa e para o desenvolvimento de conclusões mais robustas à medida que o trabalho avança.

## REFERÊNCIAS

MAESTRI, M.; BARROS, R.S.; RENA, A.B. Coffee. In: LAST, F.T. (Ed.). Tree crop ecosystems. 1.ed. Amsterdam: Elsevier Publishers, 2001. p.339-360.

NOBRE, C.A.; ASSAD, E.D.; OYAMA, M.D. O impacto do aquecimento global nos ecossistemas brasileiros e na agricultura. Scientific American Brasil, v.12, p.70-75, 2005.

ZULLO JR., J.; PINTO, H.S.; ASSAD, E.D. Impact assessment study of climate change according IPCC prognostics on Brazilian agricultural zoning. Meteorological Applications, Royal Meteorological Society, v.1, p.69-80, 2006.

DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. Brazilian Journal of Plant Physiology, v.18, p. 55-81, 2006

Camargo MBP de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. Bragantia [Internet]. 2010;69(1):239–47

Ghini, R., Bettiol, W. and Hamada, E. (2011), Diseases in tropical and plantation crops as affected by climate changes: current knowledge and perspectives. Plant Pathology, 60: 122-132.

Tavares, P.d.S., Giarolla, A., Chou, S.C. *et al.* Climate change impact on the potential yield of *Arabica* coffee in southeast Brazil. *Reg Environ Change* **18**, 873–883 (2018).

ARAÚJO, Inara da Silva. **Desempenho produtivo do café arábica no Brejo Paraibano. Areia: Universidade Federal da Paraíba**, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, 2021.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. (2001). A influência do clima na produção de café no Brasil. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.36, n. 4, p. 75-81. INPE (2024). Dados climáticos e projeções do modelo Eta-INPE. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). (2023). Acompanhamento da safra brasileira de café. IBGE (2021). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.

CONAB - **Companhia Nacional De Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira Café**, v. 5 – safra 2020, n. 6 – Quarto levantamento, Brasília, p. 8-9, dezembro 2020.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). 1º Levantamento da Safra de Café 2023. Disponível em: [http://www.consorciopesquisacafe.com.br/images/stories/noticias/2021/2023/Janeiro/1\\_levantamento\\_safra\\_conab.pdf](http://www.consorciopesquisacafe.com.br/images/stories/noticias/2021/2023/Janeiro/1_levantamento_safra_conab.pdf). Acesso em: 15 de maio 2024.

CORERATO, Yago Lichtscheidl. **Efeito da adubação na qualidade do café: uma**

revisão de literatura. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** - abril 2021.

LANDAU, Elena Charlotte; DA SILVA, Gilma Alves; MOURA, Larissa. **Evolução da produção de café (Coffea arabicae Coffea canephora, Rubiaceae)**. 2020.

NASCIMENTO, Frederico Yan Moreira. **Experiência com tecnificação do café sombreado na região do Maciço de Baturité-Ceará**. 2022

OIC - **International Coffee Organization**. Aspectos Botânicos. 2020.

SANTOS, João Victor Ribeiro da Silva. **Avaliação vegetativa de variedades de café (Coffea arabica)**. Areia: Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, 2023.

TOLEDO, Eli Fernando Tavano. Uma aproximação conceitual entre a geografia e a indicação geográfica: o exemplo das IGs na cafeicultura. **Geografia Econômica pela UNESP de Rio Claro** - SP. 2023.

TORRES, GUILHERME A.L. et al. “Exposure To Climate Risk: A Case Study For Coffee Farming In The Region Of Alta Mogiana, São Paulo.” Anais da Academia Brasileira de Ciências 94.suppl 4 n. pag. Web.

CAMPAROTTO , LUDMILA BARDIN. “REGIÕES CLIMÁTICAS E QUALIDADE DE CAFÉS NATURAIS DO TIPO ARÁBICA NO ESTADO DE SÃO PAULO.” Instituto Agrônomo. curso de pós-graduação em agricultura tropical e subtropical, Campinas - 2012