

TEMPERATURA E AQUECIMENTO GLOBAL NO SUL DE MINAS GERAIS – UM ESTUDO DE CASO ATRAVÉS DE SÉRIE TEMPORAL

TEMPERATURE AND GLOBAL WARMING IN THE SOUTH OF MINAS GERAIS – A CASE STUDY THROUGH TIME SERIES

TEMPERATURA Y CALENTAMIENTO GLOBAL EN EL SUR DE MINAS GERAIS – UN ESTUDIO DE CASO A TRAVÉS DE SERIES TEMPORALES

TEMPÉRATURE ET RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE DANS LE SUD DU MINAS GERAIS – UNE ÉTUDE DE CAS À TRAVERS DES SÉRIES CHRONOLOGIQUES

Marcos Vinícius Brandão Mendes¹

Paulo Henrique de Souza²

¹ Graduação em Geografia, Universidade Federal de Alfenas. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7301-1356>. E-mail: marcos.mendes@sou.unifal-mg.edu.br.

² Instituto de Ciências da Natureza - Geografia, Universidade Federal de Alfenas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0399-9123>. E-mail: paulohenrique.souza@unifal-mg.edu.br.

Introdução

Este capítulo constitui uma análise abrangente das temperaturas médias do ar na região do Sul de Minas Gerais, baseada em dados meteorológicos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Nele foram utilizados dados coletados de estações convencionais localizadas próximas à área de estudo. O emprego do Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS, possibilitou a geração de mapas representativos das médias de temperatura do ar a cada intervalo de cinco anos no período de 1961 a 2020, além de gráficos das temperaturas ano a ano.

O objetivo primordial do estudo constituiu-se em apresentar informações sólidas e confiáveis, por meio de dados quantitativos, gráficos, tabelas e mapas, que permitem uma análise minuciosa das possíveis alterações climáticas que têm ocorrido na região. Estas mudanças climáticas locais são uma manifestação de um fenômeno global que afeta todo o planeta: o Aquecimento Global.

É importante destacar que a metodologia empregada neste trabalho se concentrou na análise objetiva dos dados meteorológicos e não incluiu uma discussão ampla sobre o tema com base em abordagens pautadas no materialismo histórico e dialético, que podem ser relevantes em outros contextos, mas não constituiu o foco desta pesquisa. Em vez disso, a ênfase esteve na coleta e análise rigorosa de dados climáticos para melhor compreensão das tendências locais e suas implicações.

Este estudo procurou contribuir com o entendimento das mudanças climáticas em uma região de grande importância geográfica e socioeconômica, fornecendo informações valiosas que podem orientar medidas de mitigação e adaptação necessárias para o enfrentamento dos desafios associados ao Aquecimento Global na região do Sul de Minas Gerais.

Hipótese

Considerando os alertas emitidos por diversas organizações nacionais e internacionais sobre o aumento da temperatura média global do planeta, a hipótese central deste estudo é que a região em análise também tem experimentado um aumento na temperatura média do ar ao longo das últimas décadas. Este aumento é presumido como resultado principalmente de atividades humanas que contribuem para o aquecimento global.

O sexto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) de 2021 fornece um contexto importante para essa hipótese. Segundo esse relatório, cada uma das últimas quatro décadas foi consistentemente mais quente do que qualquer década anterior desde o início das medições em 1850. Além disso, a temperatura da superfície global nas duas primeiras décadas do século XXI (2001-2020) apresentou um aumento de 0,99°C [intervalo de confiança de 0,84 a 1,10°C] em relação ao período de 1850-1900.

Portanto, com base nas tendências globais observadas e nas evidências do aumento das temperaturas em escala global, a hipótese é que a região de estudo, por sua conexão com os padrões climáticos globais e possíveis influências locais, também tenha experimentado um aumento da temperatura média do ar nas últimas décadas, com impactos significativos na dinâmica climática e socioeconômica da região. Esta pesquisa buscou confirmar e compreender essas tendências climáticas locais e suas implicações.

Justificativa

A importância deste trabalho reside, em primeiro lugar, na necessidade de alertar para a possível alteração na temperatura média anual na região de estudo, que se encontra em consonância com o aumento médio global de temperatura, uma preocupação amplamente destacada pelo IPCC. Embora um aumento médio de temperatura na faixa de 0,9°C a 1,1°C possa parecer modesto à primeira vista, é crucial compreender que essas mudanças têm implicações profundas e preocupantes, sobretudo quando uma média é compreendida à luz de extremos máximos e mínimos que podem ser graves mesmo que breves.

Essas alterações climáticas locais têm o potencial de impactar adversamente o espaço geográfico e a dinâmica ambiental da região. Por exemplo, pode levar à extinção de espécies nativas da flora e fauna, perturbando os delicados equilíbrios ecológicos que sustentam a biodiversidade local. Como resultado direto dessas mudanças ambientais, a questão socioeconômica da região também está sujeita a transformações significativas à medida que as questões climáticas se agravam.

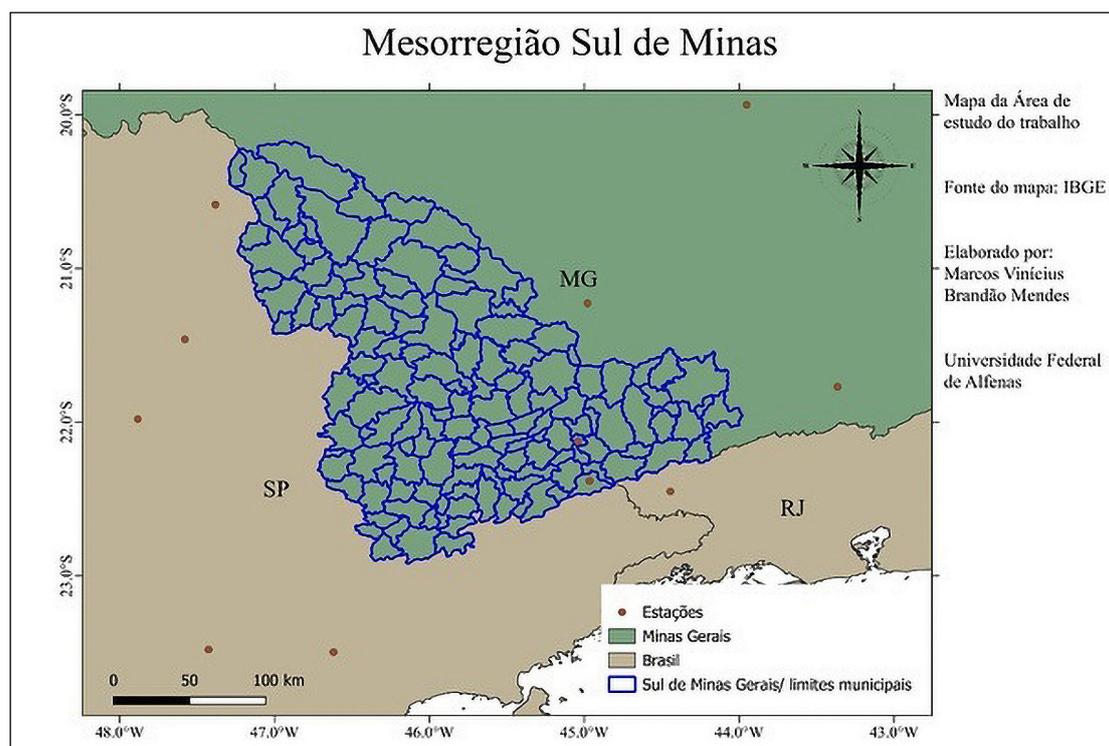
Um dos desafios imediatos é o aumento dos custos de produção de alimentos devido a eventos climáticos extremos, como secas severas e chuvas intensas, que podem prejudicar as safras e a disponibilidade de recursos agrícolas. Esses eventos climáticos extremos podem, por sua vez, agravar a insegurança alimentar, afetando diretamente a qualidade de vida das comunidades locais.

É fundamental notar que a região sul de Minas Gerais, dada sua localização e características geoclimáticas únicas, merece uma atenção especial, portanto, é crucial estudar minuciosamente como as mudanças climáticas estão se manifestando nessa área, identificando quais microrregiões experimentaram os maiores aumentos de temperatura ao longo do tempo. Isso fornecerá informações valiosas que podem orientar a sociedade civil, empresas e o poder público na adoção de medidas mitigadoras e adaptativas para enfrentar essa situação crítica.

Em resumo, este trabalho buscou não apenas documentar as mudanças climáticas na região sul de Minas Gerais, mas também conscientizar acerca das implicações profundas e complexas que essas mudanças podem ter no ambiente natural, na economia e na qualidade de vida das pessoas que habitam essa área.

Área de estudo e procedimentos

A Área de Estudo (Figura 1) abrange a porção Sul do estado de Minas Gerais que se estende desde a Serra da Mantiqueira nas imediações do estado do Rio de Janeiro até o Norte do estado de São Paulo sem avançar ao Triângulo Mineiro ou a Região Central de Minas Gerais.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 1. Área de Estudo.

Os materiais empregados nesta pesquisa foram selecionados para garantir a qualidade e precisão das análises realizadas, sendo os seguintes:

Artigos e Produções: Uma ampla revisão bibliográfica foi conduzida, utilizando fontes de organizações nacionais e internacionais especializadas no campo das mudanças climáticas. Esses recursos forneceram a base teórica essencial para a contextualização e interpretação dos dados coletados;

Software SIG QGIS: A versão 3.24.3 do software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS foi utilizada para a criação de mapas temáticos representativos das médias de temperatura do ar na região de estudo. Esse software é amplamente reconhecido por sua capacidade de análise espacial e georreferenciamento, tornando-o ideal para o propósito de mapeamento e visualização de dados climáticos;

Mapas de Base: Os mapas de base do Brasil, de Minas Gerais e da região Sul de Minas foram obtidos no Portal de Mapas do IBGE. Esses mapas de base foram essenciais para a correta georreferenciação e contextualização dos dados climáticos coletados nas estações meteorológicas;

Dados das Estações Meteorológicas: Os dados de temperatura do ar utilizados neste estudo foram obtidos a partir do Banco de Dados Meteorológicos do INMET. Esses dados foram coletados ao longo de décadas pelas estações meteorológicas inseridas na área de estudo e constituem a base quantitativa fundamental para a análise das tendências climáticas na região.

A seleção desses materiais e recursos permitiu a realização de uma pesquisa robusta e fundamentada, visando a compreensão das mudanças climáticas na região do Sul de Minas Gerais.

A obtenção dos dados e criação dos mapas, gráficos e tabelas foram realizadas seguindo um procedimento estruturado:

Importação de Shapefiles: Inicialmente, os shapefiles do Brasil obtidos no portal de mapas do IBGE, de Minas Gerais e da Mesorregião Sul de Minas Gerais foram importados no software SIG mencionado anteriormente;

Criação do Shapefile “Estações”: Foi criado um novo shapefile denominado “estações” que incluiu 11 pontos, representando cada Estação Meteorológica. As coordenadas de cada estação foram obtidas diretamente do site do INMET;

Estimativa de Dados Ausentes: Quando os dados de temperatura para determinados meses estavam ausentes, foi empregada uma abordagem de estimativa, na qual a média das temperaturas dos meses antecedentes foi calculada. Essa metodologia foi adotada para melhor representar a realidade da atmosfera.

Em anexo estão as tabelas com todos os dados em questão, as células em amarelo são os anos em que foi preciso fazer essa estimativa citada acima, as células avermelhadas são quando os dados estão completos.

A partir dos dados obtidos foi calculado uma média anual de todas as estações para a elaboração de um gráfico para compreensão da dinâmica da temperatura nas regiões próximas a área de estudos nos últimos 60 anos, e foi elaborado também dois gráficos utilizando dados da estação de São Lourenço e dados da estação de Passa Quatro que são cidades do sul de Minas Gerais.

Coleta de Dados de Temperatura: Os dados de temperatura de cada estação foram adquiridos para a realização da análise por meio de acesso aos domínios digitais do INMET. Neste trabalho, foi calculada a média da temperatura a cada cinco anos, abrangendo o período de 1961 a 2020, resultando em um total de 12 mapas finais;

Interpolação: Para a interpolação dos dados, uma tabela de atributos foi criada, contendo as médias de temperatura a cada cinco anos de cada estação meteorológica. Esses dados foram utilizados pela ferramenta de interpolação, sendo que o método utilizado foi o IDW. Para todos os 12 mapas, os parâmetros de interpolação foram mantidos consistentes, com uma distância para o coeficiente P de 2,0 e um tamanho de pixel de 0,05;

Simbologia dos Mapas: A simbologia adotada para todos os mapas foi uniforme. A renderização dos mapas foi realizada no modo Banda Simples de falsa cor, com um método estatístico de intervalo igual e a divisão em 11 classes;

Sistema de Coordenadas: Todos os mapas foram projetados no Sistema de Coordenadas Geográficas, utilizando o Datum SIRGAS 2000 para garantir a precisão geoespacial e a comparabilidade entre os dados.

Essa abordagem metodológica consistente e detalhada assegura a confiabilidade e a precisão dos resultados, permitindo uma análise robusta das mudanças de temperatura na região do Sul de Minas Gerais ao longo das décadas.

Referencial teórico e contextualização

Uma das bases de informações para a realização deste estudo é o sexto relatório do IPCC Mudança do Clima 2021; A base científica; sumário para formuladores de política lançado em outubro de 2021.

O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima ou IPCC é um programa criado em 1988 pelas Nações Unidas para o Meio Ambiente e pela Organização Meteorológica Mundial com o objetivo de reunir e divulgar o conhecimento mais avançado sobre mudanças climáticas. A organização reúne, avalia e interpreta o conhecimento científico produzido no mundo, traduz em relatórios abrangentes e de fácil compreensão e o divulga.

Neste sexto relatório está o seguinte gráfico sobre as Mudanças na temperatura da superfície global em relação a 1850-1900:

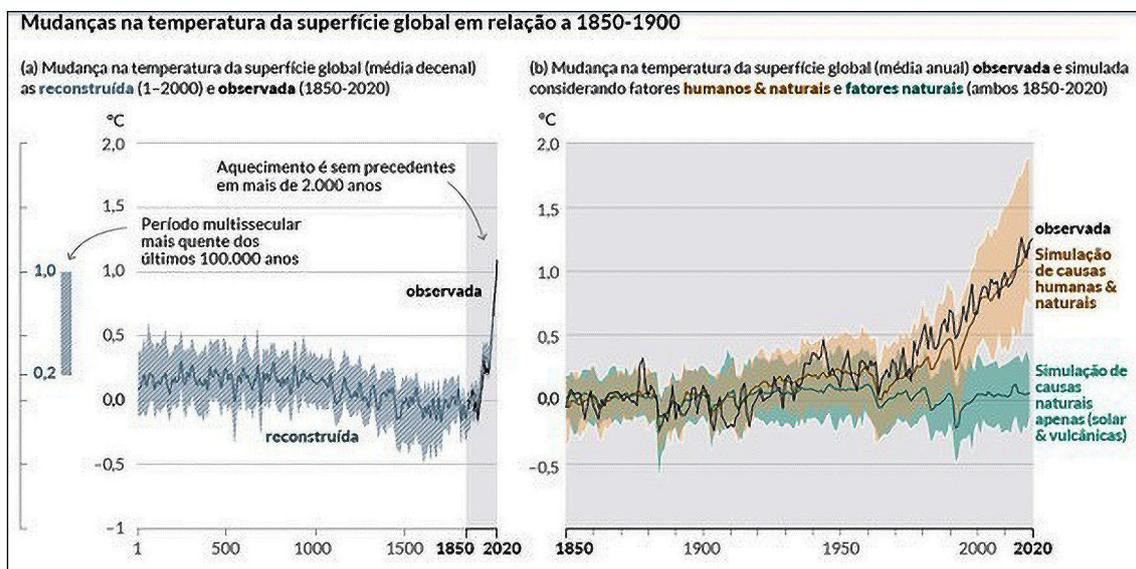


Figura 2. Gráfico da Mudança na temperatura da superfície global de 1850-1900.

Na Figura 2, o gráfico (a) mostra a mudança na temperatura da superfície global (média decenal) as reconstruídas (1-2000) e observadas (1850-2020). A temperatura se mantém estável até os anos de 1850 e após essa data se observa uma curva em ascendente sinalizando um aumento drástico na média global.

Na Figura 2, o gráfico (b) mostra a mudança na temperatura da superfície global (média anual) observada e simulada considerando fatores humanos e naturais e fatores naturais (ambos 1850-2020). Quanto a simulação feita por causas naturais se observa uma estabilidade comparada com os últimos 2000 anos da representada no gráfico anterior já a temperatura média simulada e observada se observa um aumento de mais de 1°C.

Outra referência, como já dito, os dados utilizados foram coletados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão ligado a administração direta do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

O Instituto possui um sistema de coleta e distribuição de dados meteorológicos de temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, precipitação, entre outras variáveis. É dotado de estações de sondagem de ar superior (radiossonda), estações meteorológicas de superfície operadas manualmente e a maior rede de estações automáticas da América do Sul.

No estudo em questão foi utilizado o Banco de Dados Meteorológicos do instituto onde já foi incorporado de forma digital informações diárias coletadas desde 1961. Os parâmetros para obtenção dos dados foram: dados mensais (média); estações convencionais; data entre 01/01/1961 à 01/01/2020; estações de Belo Horizonte, Franca, Juiz de Fora, Lavras, Passa Quatro, Resende, São Carlos, São Lourenço, São Paulo, São Simão e Sorocaba todas as estações que estão mais próximas da área de estudo.

Após a obtenção dos dados foi feito uma média dos valores de cinco em cinco anos para a elaboração dos mapas multi-temporais, para elaboração do gráfico foram utilizados dados anualmente da média de todas as estações somadas e, também, gráficos que são da média de uma estação somente, como detalhado a seguir na metodologia.

Os dados obtidos estão completos salvo alguns meses de algumas estações com alguns valores ausentes, com esses valores é feito uma estimativa através de média da estação dos anos anteriores, os anos com valores ausentes foi destacado como mencionado na metodologia. Após feito o cálculo foi elaborada uma planilha e esses valores foram transferidos para a tabela de atributos do SIG.

Para a elaboração dos Mapas fez-se uso do SIG QGis e a ferramenta de Interpolação IDW e a fonte de informações sobre o tema foi o artigo de Pedro Murara Técnicas de interpolação para pesquisa em Climatologia Regional e Agroclimatologia, publicado na Revista Brasileira de Climatologia, nesse artigo destaca-se sobre o método de interpolação.

A interpolação de dados é o método que consiste em construir e projetar novos conjuntos de informações a partir de dados pontuais obtidos de uma amostragem consistente. Ou seja, faz-se necessário um conjunto existente de dados previamente conhecidos. Dessa forma, matematicamente e por meio da interpolação de dados, pode-se construir uma função que, aproximadamente, “se encaixa” nesses dados pontuais, conferindo-lhes, então, a continuidade desejada para localidades que não possuem tais informações (Murara, 2019).

A interpolação por meio do Inverso da Distância Ponderada (IDW) determina valores utilizando uma combinação linear ponderada de um conjunto de dados da amostra. Dessa forma, o peso atribuído a esse dado “criado” é uma função da distância inversa.

A interpolação é efetuada com base na ponderação que é atribuída a pontos amostrais por meio da utilização de um coeficiente de ponderação que controlará como a influência da ponderação irá diminuir à medida que a distância a partir do ponto desconhecido aumenta. Portanto, para a espacialização de uma informação de algum local não medido, o IDW usará os valores amostrados a sua volta, que terão um maior peso do que os valores mais distantes, ou seja, cada ponto possui uma influência no novo ponto, que diminui na medida em que a distância aumenta - o que indica seu nome (Murara, 2019).

Vale ressaltar que essa técnica utiliza os limites dos pontos de informações para realizar a espacialização e o corte das informações que serão projetadas, dessa forma, a representação não extrapola os limites máximos de latitude e longitude dos pontos mais extremos.

Para complementar e entender o método de interpolação utilizado (Longley, 2013) define:

Mais especificamente, considere o ponto de interesse como x , e os pontos onde foram tomadas medidas como x_i , onde i varia de 1 a n , caso existam n pontos. Considere o valor desconhecido como $z(x)$ e a medida conhecida como z_i . Cada um desses pontos recebe um peso w_i que será avaliado com base na distância d_i de x_i para x . A média ponderada, então, computada em x é:

$$z(x) = \frac{\sum w_i z_i}{\sum w_i}$$

* Onde S significa somatória.

A visualização dos mapas multi-temporais é importante por mostrar de forma didática a alteração que ocorre com o passar das décadas, porém destaca-se também a visualização dos gráficos para uma análise mais precisa do passar dos anos.

Diagnóstico e discussão

Antes de iniciar a análise dos mapas e dados apresentados, é essencial considerar o contexto geográfico de cada estação meteorológica onde as temperaturas foram coletadas. Isso nos permite compreender a influência dos domínios morfoclimáticos e fitogeográficos na região de estudo, conforme definido por Aziz Ab'Sáber (2003)

Entendemos por domínio morfoclimático e fitogeográfico um conjunto espacial de certa ordem de grandeza territorial – de centenas de milhares a milhões de quilômetros quadrados de área – onde haja um esquema coerente de feições de relevo, tipos de solos, formas de vegetação e condições climáticas-hidrológicas. Tais domínios espaciais, de feições fisiografias e biogeográficas formam um complexo relativamente homogêneo e extensivo. A essa área mais típica e contínua – via de regra, um arranjo poligonal – aplicamos o nome de área core, logo traduzida por área nuclear.

No contexto deste estudo, identificamos dois domínios morfoclimáticos. O primeiro é o “Mares de Morros”, caracterizado por áreas mamelonares tropical-atlânticas florestadas, que incluem a presença da Serra da Mantiqueira. O segundo é uma área de transição entre o Mares de Morros e o Cerrado. As áreas de transição representam espaços de contato entre um domínio morfoclimático nuclear e os domínios vizinhos, apresentando combinações variadas de vegetação, solos e formas de relevo (Ab’Sáber, 2003).

Essas considerações são cruciais para compreender a influência desses domínios morfoclimáticos nas temperaturas observadas nas estações meteorológicas. Notavelmente, pode haver uma relação entre a média mais baixa de temperatura nas estações situadas na Serra da Mantiqueira, como São Lourenço e Passa Quatro, em comparação com as demais estações estudadas.

Outro fator a ser considerado é a localização das estações em grandes centros urbanos, com destaque para São Paulo e Belo Horizonte. A urbanização pode influenciar o aumento ou diminuição das médias de temperatura ao longo dos anos devido ao chamado “efeito de ilha de calor urbano.”

Além desses fatores gerais, cada estação possui características peculiares em seu espaço geográfico específico, que podem ser analisadas individualmente. No entanto, é importante ressaltar que o foco principal deste estudo não se concentrou na análise detalhada de cada estação, mas sim na compreensão das tendências gerais das temperaturas na região do Sul de Minas Gerais ao longo das décadas, considerando os aspectos morfoclimáticos e urbanos mencionados anteriormente.

Ademais, em um processo de análise espacial Gilberto Câmara destaca que

O processo de análise espacial é composto por um conjunto de procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente o relacionamento espacial presente no fenômeno. Os procedimentos iniciais da análise incluem o conjunto de métodos genéricos de análise exploratória e a visualização dos dados, em geral através de mapas. Essas técnicas permitem descrever a distribuição das variáveis de estudo, identificar observações atípicas (outliers) não só em relação ao tipo de distribuição, mas

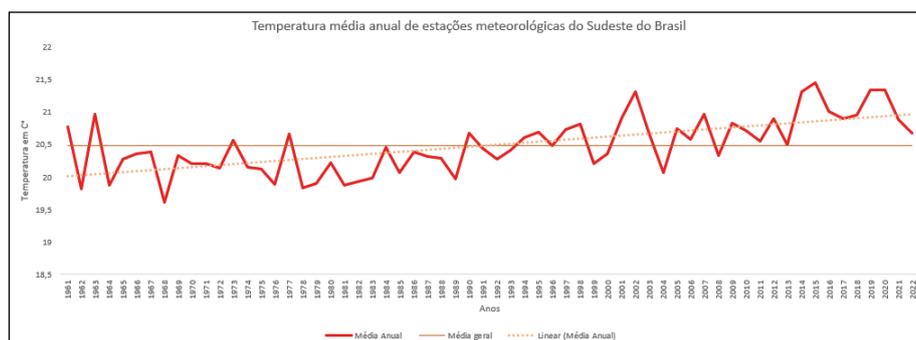
também em relação aos vizinhos, e buscar a existência de padrões na distribuição espacial. Através desses procedimentos é possível estabelecer hipóteses sobre as observações, de forma a selecionar o modelo inferencial melhor suportado pelos dados. (Câmara *et al.*, 2004).

Ao levar em conta essas considerações, adquire-se condições de explorar e compreender melhor as complexas interações entre o ambiente geográfico e as variações de temperatura na área de estudo.

Com o passar dos anos gráficos mostram uma inflexão na tendência da temperatura. Até 1997, a temperatura média anual variava entre 19,6 e 20,8 graus Celsius mais já apresentava uma tendência de aumento como mostrado no linear da média.

O aumento nas temperaturas médias anuais pode ter diversos impactos, incluindo alterações nos padrões de precipitação ou manifestação de eventos extremos.

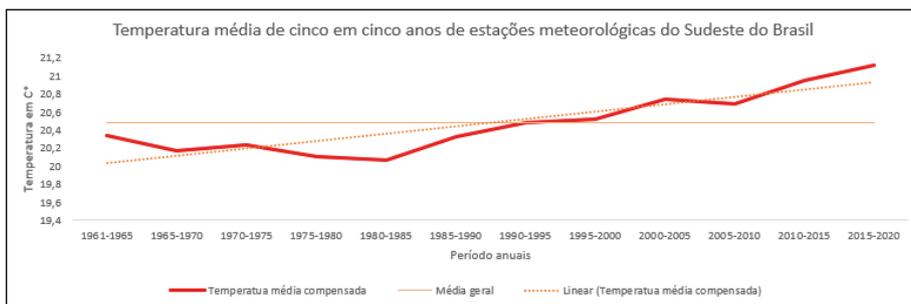
O gráfico da temperatura média anual das estações meteorológicas do Sudeste do Brasil (Figura 3) ilustra uma tendência preocupante de aquecimento. Essas mudanças têm implicações significativas para o clima regional e exigem ação para enfrentar os desafios associados às mudanças climáticas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3. Gráfico da temperatura média anual de estações meteorológicas do Sudeste do Brasil.

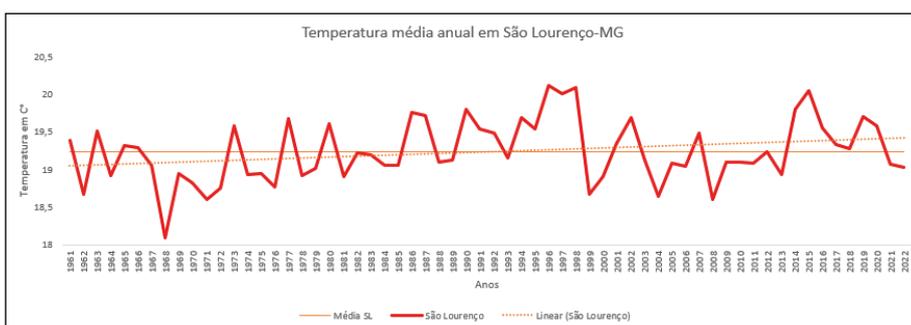
O gráfico da temperatura média de cinco em cinco anos de estações meteorológicas do Sudeste do Brasil (Figura 4) mostra uma tendência ainda mais acentuada de aumento da temperatura do que o gráfico anterior, destacando que até a década de 1980 a oscilação observada não sofre alteração, manifestando, inclusive, uma ligeira queda nos índices médios em relação ao início da série.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4. Gráfico da temperatura média quinzenal de estações meteorológicas do Sudeste do Brasil.

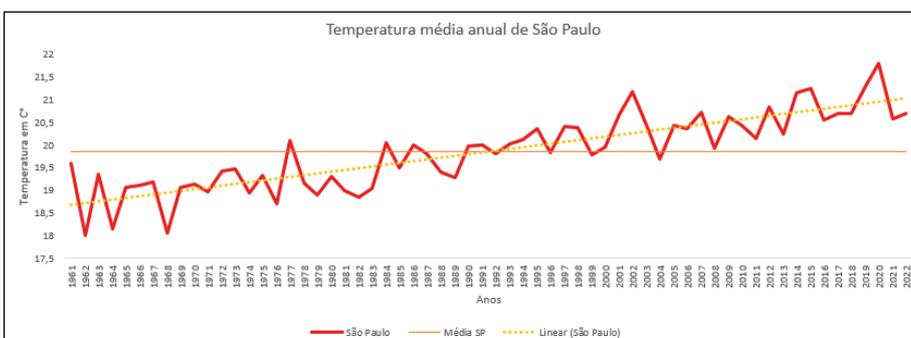
O gráfico da temperatura média anual de São Lourenço (Figura 5) mostra uma tendência mais sutil do que os gráficos anteriores, mesmo que seus índices térmicos estejam abaixo daqueles registrados noutras porções da área de estudo. Isso pode estar relacionado com a posição geográfica do município conferindo-lhe ventos com índices térmicos específicos que são registrados na estação meteorológica.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 5. Gráfico da temperatura média anual de São Lourenço – MG.

O gráfico da temperatura média anual de São Paulo (Figura 6) mostra um aumento muito significativo da temperatura se comparado com os gráficos anteriores.



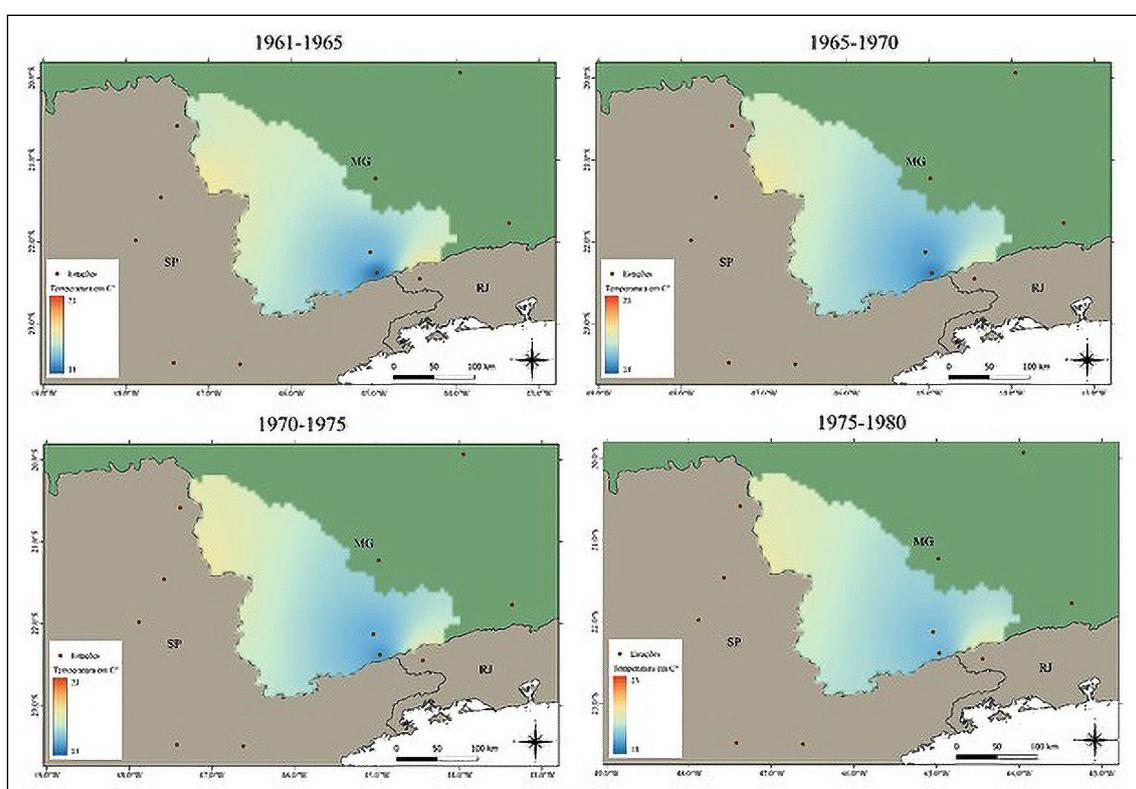
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6. Gráfico da temperatura média anual de São Paulo – SP.

Os resultados da interpolação utilizando a técnica IDW, com os parâmetros previamente mencionados, geraram doze produtos cartográficos do tipo Raster. Esses mapas oferecem uma representação visual da variação da temperatura média da superfície ao longo de intervalos quinquenais na região do Sul de Minas Gerais.

Cada um desses mapas resulta da aplicação da fórmula IDW aos dados previamente processados, nos quais foi calculada a média das temperaturas de todas as estações meteorológicas disponíveis em uma área de interesse. Posteriormente, a região de interesse foi recortada, enfocando exclusivamente a área geográfica correspondente à região Sul de Minas Gerais.

Esses mapas (Figuras 7, 8 e 9) oferecem uma valiosa visão espacial das tendências climáticas ao longo do tempo na região, permitindo uma análise mais aprofundada das variações na temperatura média da superfície.

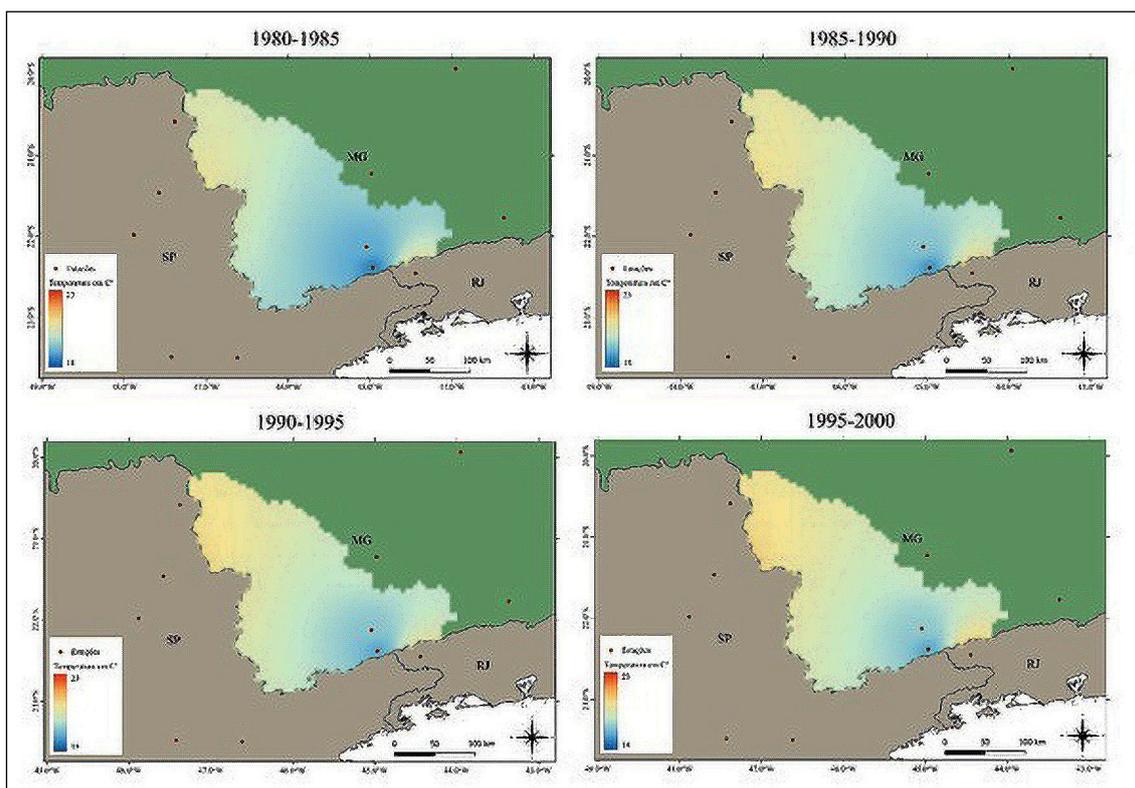


Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 7. Mapa da temperatura média do Sul de Minas 1961-1980.

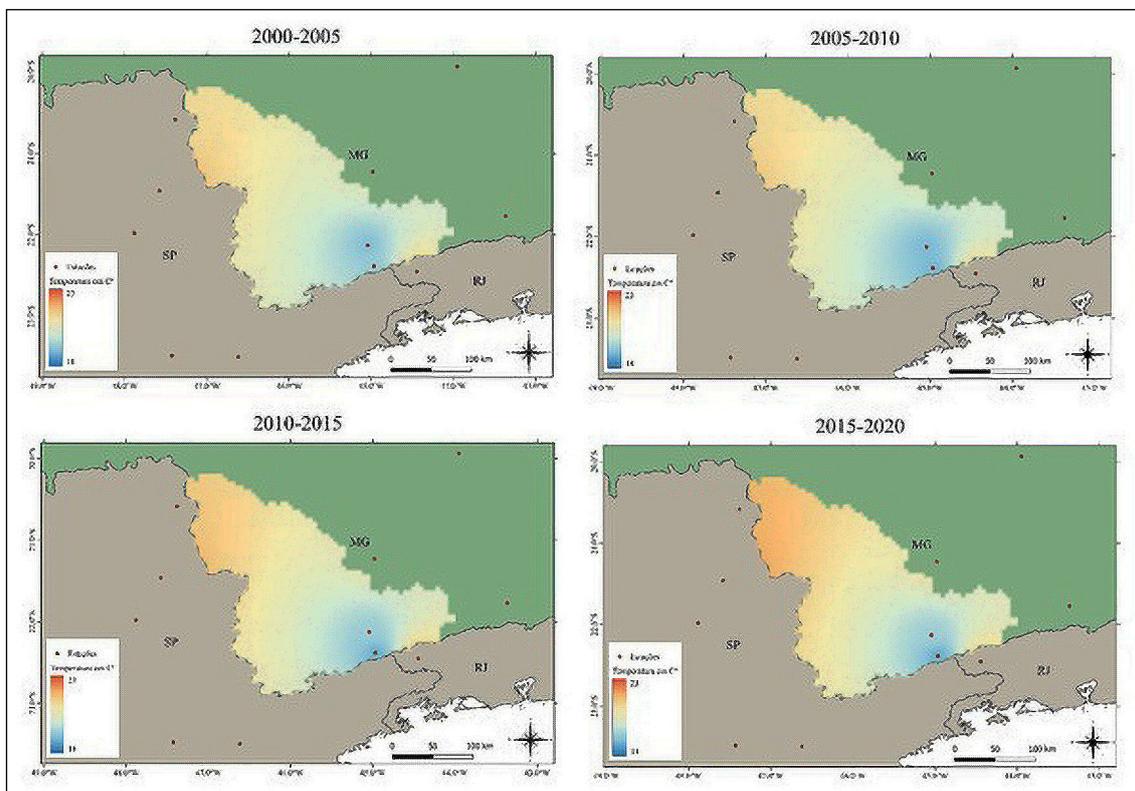
Observamos nos mapas um certo padrão, temperaturas mais amenas na região de Passa Quatro e São Lourenço. Com o passar dos anos as cores mais quentes vão se intensificando nos mapas.

Uma análise dos mapas gerados, permite observar claramente uma diferenciação nas tonalidades ao longo das décadas analisadas. No mapa correspondente ao período de 1961-1965, predominam as tonalidades azuis, com maior intensidade nas regiões próximas a São Lourenço e Passa Quatro, onde as temperaturas médias são mais baixas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 8. Mapa da temperatura média do Sul de Minas 1980-2000.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 9. Mapa da temperatura média do Sul de Minas 2000-2020.

Notavelmente, apenas duas áreas com tonalidade esbranquiçada aparecem, na divisa entre Minas Gerais e Rio de Janeiro, na região de influência da estação meteorológica de Resende, e na divisa entre Minas Gerais e São Paulo, na região de influência das estações de São Simão e Franca.

No período de 1965-1970, o padrão persiste, mas observa-se um avanço das tonalidades mais intensas por quase toda a região sul-mineira, com uma tonalidade esbranquiçada se mantendo nas mesmas áreas de influência de São Simão e Franca.

De 1970 a 1975, há um avanço das tonalidades mais claras, especialmente nas regiões de Franca, São Simão e São Carlos. No entanto, as tonalidades azuis de São Lourenço e Passa Quatro ainda prevalecem.

No período de 1975 a 1980, os mesmos padrões se mantêm, com apenas um leve recuo das tonalidades azuis no mapa.

A partir de 1980, pode-se notar uma tendência clara, as tonalidades azuis começam a recuar gradualmente, enquanto as tonalidades mais quentes, como o vermelho, começam a avançar nas regiões ao norte da área de estudo.

Em 1985-1990, uma média mais baixa da estação de Juiz de Fora evidencia um recuo das tonalidades azuis em direção à divisa com o Rio de Janeiro.

De 1990 a 1995, a diferença nas tonalidades é perceptível, com médias mais altas em várias regiões. Notavelmente, a área de azul é restrita à zona de influência da estação de Passa Quatro. A estação de São Simão registra médias mais altas, trazendo tonalidades vermelhas e amarelas para a região norte da área estudada.

No período de 1995 a 2000, a tonalidade vermelha começa a predominar no mapa, embora a tonalidade esbranquiçada/avermelhada ainda ocupe quase metade da área de estudo, o que não ocorria nas décadas anteriores.

De 2000 a 2005, a área em azul diminui consideravelmente, e uma área amarelada/avermelhada passa a predominar na região norte da área estudada.

Em 2005-2010 e 2010-2015, observamos um padrão semelhante, com a área amarela avançando e a área azul diminuindo ainda mais.

Finalmente, em 2015-2020, o último mapa apresenta uma pequena área em azul, influenciada pela estação de São Lourenço, enquanto a tonalidade amarelada domina o mapa, com uma tonalidade vermelha ao norte.

Essas mudanças nas tonalidades ao longo das décadas refletem claramente um aumento na temperatura média do ar com o passar do tempo na região estudada. Esse aumento é consistente com as tendências globais de aquecimento e destaca a importância de monitorar e abordar as mudanças climáticas em níveis regionais e locais.

Conclusão

É inegável que a crise climática contemporânea não pode ser adequadamente enfrentada por meio de ações individuais isoladas. Ela está intrinsecamente ligada à consolidação do modo de produção capitalista, que sempre entra em conflito com as medidas necessárias para mitigar as mudanças climáticas. A busca por soluções eficazes para essa crise implica na superação desse modo de produção.

Ao analisar os gráficos e mapas apresentados neste estudo, fica evidente um aumento médio das temperaturas na região do Sul de Minas Gerais ao longo das décadas. Esse aumento é apenas uma das muitas manifestações das mudanças climáticas globais que afetam nosso planeta. No entanto, é importante reconhecer que os impactos dessas mudanças não são uniformes e que as regiões e comunidades mais vulneráveis frequentemente sofrem as consequências mais severas.

É fundamental que a discussão sobre as mudanças climáticas seja integrada a uma agenda mais ampla de justiça social e ambiental. As evidências apresentadas neste estudo reforçam a importância de agir de forma decisiva para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover a adaptação às mudanças climáticas. No entanto, essas ações devem ser acompanhadas por uma reflexão profunda sobre as estruturas que perpetuam a crise climática e a busca por alternativas que priorizem a sustentabilidade e o bem-estar coletivo em detrimento dos interesses puramente econômicos.

Referências

- AB’SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo. Ateliê Editorial. 2003.
- CÂMARA, G. *et al.* Análise Espacial e Geoprocessamento. In: **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. Disponível em: <https://portalidea.com.br/cursos/bsico-em--anlise-espacial-de-dados-geograficos-apostila02.pdf>. Acesso em 18/10/2022.
- DRUCK, S.; CARVALHO, M.S; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M (eds). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Unidades Federativas e Municípios do Brasil**. Disponível em: [/,https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage](https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage)>. Acesso em: 17/10/2022.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. **Banco de dados Meteorológicos (1961/2020)**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br>>. Acesso em 17/10/2022.
- LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3ª ed. Bookman, Porto Alegre, 2011, 539p

MURARA, P. G. Técnicas de interpolação para a pesquisa em climatologia regional e agroclimatologia. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 25. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5380/abclima.v0i0.66602>>.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – IPCC. Mudança do Clima 2021. **A base científica, sumário para formuladores de Políticas**. Tradução: Ministério do Meio Ambiente. Original impresso em outubro de 2021 pelo IPCC, Suíça. Disponível em: <www.ipcc.ch>. Acesso em 21/10/2022.



Rio Madeira/RO
Autor: João Paulo Assis Gobo - PPGG/UNIR