



MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O PAPEL DA AGROPECUÁRIA SUL-MATO-GROSSENSE NA NEUTRALIZAÇÃO DO CARBONO

CLIMATE CHANGE AND THE ROLE OF AGRICULTURE SOUTH-MATO-GROSSENSE IN CARBON NEUTRALIZATION

Gabriel Henrique de Olanda Souza¹

<https://orcid.org/0000-0002-5024-7517>

Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido²

<https://orcid.org/0000-0002-4561-6760>

Guilherme Botega Torsoni³

<https://orcid.org/0000-0001-7178-2191>

Resumo: Com o avanço das mudanças climáticas, as avaliações de riscos contribuem para reduzir a vulnerabilidade e melhorar a segurança alimentar. Estratégias nacionais e planos de adaptação para aliviar os impactos negativos das mudanças climáticas são essenciais para um futuro de baixo carbono e resiliente ao clima, sendo a agropecuária parte importante da solução. Este estudo explora a relação dinâmica entre a mudança nas variáveis climáticas essenciais do conjunto multimodelo *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6* (CMIP6) da plataforma *Climate Change Knowledge Portal* (CCKP) e as estratégias de adaptação da agropecuária sul-mato-grossense com o objetivo de especificar e diferenciar sistematicamente as medidas de adaptações, resumindo o progresso prático da neutralidade de carbono, o caminho de realização da neutralidade de carbono e a pesquisa de neutralidade de carbono. As projeções do CMIP6 demonstraram um ambiente climático preocupante à produção agropecuária sul-mato-grossense, em especial ao aumento na temperatura média do ar, em até 1.5°C para o ano de 2030. Entretanto, políticas de desenvolvimento e adoção de práticas sustentáveis de produção vêm sendo criadas, testadas e praticadas no campo, sendo primordiais para o Estado de Mato Grosso do Sul atingir a grande meta de neutralização do carbono em 2030. Todavia, a desaceleração na redução dos gases de efeito estufa evidencia a neutralidade para 2035 otimista, 2045 marginal e 2070 pessimista.

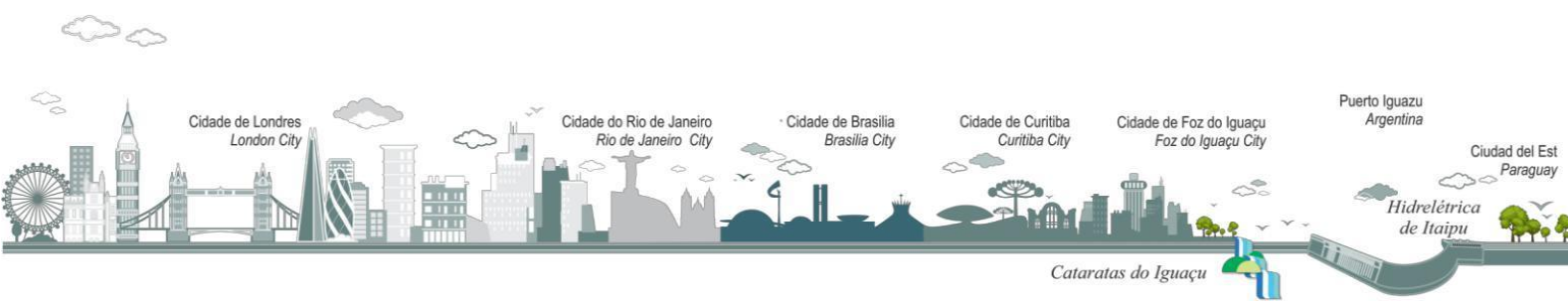
Palavras Chave: clima. CO₂. gases de efeito estufa.

Abstract: As climate change progresses, risk assessments contribute to reducing vulnerability and improving food security. National strategies and adaptation plans to alleviate the negative impacts of

¹ Acadêmico de Agronomia – IFMS

² Engenheiro e Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas - Campus Muzambinho, MG. Licenciatura em Biologia pela Claretiano - BATATAIS/SP (2019). Mestre e Doutor em Agrometeorologia/Climatologia Agrícola - UNESP Jaboticabal.

³ Possui graduação em Física pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (2005), mestrado em Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2008) e doutorado em Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2012).





climate change are essential for a low-carbon, climate-resilient future, and agriculture is an important part of the solution. This study explores the dynamic relationship between change in key climate variables from the multi-model Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) ensemble of the Climate Change Knowledge Portal (CCKP) platform and agricultural adaptation strategies in Mato Grosso do Sul, with the aim of systematically specifying and differentiating adaptation measures, summarizing practical progress towards carbon neutrality, the path to achieving carbon neutrality, and research on carbon neutrality. The CMIP6 projections showed a worrisome climate environment for agricultural production in Mato Grosso do Sul, in particular the increase in average air temperature, by up to 1.5°C for the year 2030. However, policies for the development and adoption of sustainable production practices are being created, tested and practiced in the field, which is fundamental for the State of Mato Grosso do Sul to reach the great goal of carbon neutralization in 2030. However, the slowdown in the reduction of greenhouse gases demonstrates neutrality for 2035 optimistic, 2045 marginal and 2070 pessimistic.

Key Words: climate. CO₂. greenhouse gases.

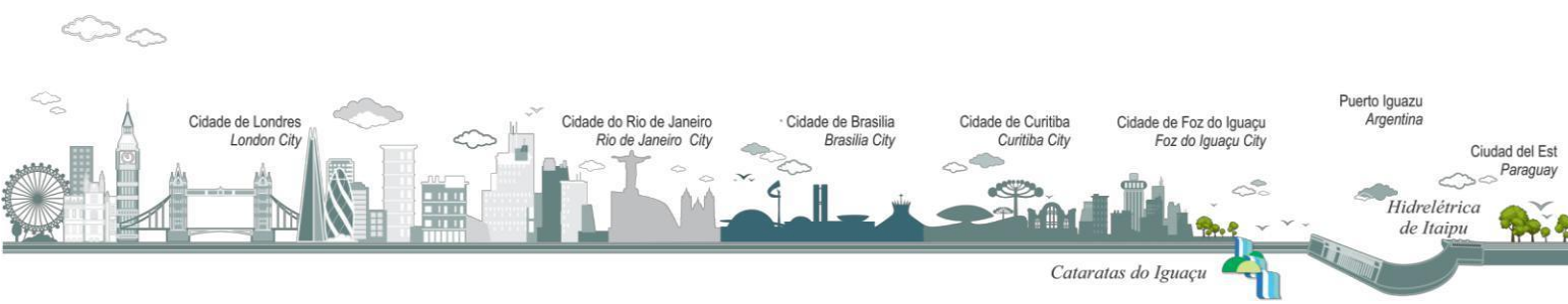
INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas apresentam grande risco para bons resultados de desenvolvimento em todo o mundo (ABBAS, 2022; EL MOKHTAR *et al.*, 2022) e exercem forte influência na produção agropecuária (PARDO e DURÁN-ROMERO, 2022; BHADRA *et al.*, 2022). Alguns relatórios de análises climáticas expõem que as mudanças na temperatura do ar e precipitação reduzam a produção agrícola em muitas regiões do mundo, refletindo na segurança alimentar (OZDEMIR, 2022; MARENGO *et al.*, 2022).

De acordo com a *Climate Watch* (2019), as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) totalizaram 49,8 gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente (GtCO₂eq), com os maiores emissores sendo a China (12,1 GtCO₂eq), Estados Unidos (5,8 GtCO₂eq), Índia (3,4 GtCO₂eq), Indonésia (2,0 GtCO₂eq), Rússia (1,9 GtCO₂eq) e o Brasil com 1,5 GtCO₂eq.

As maiores emissões GEE por estados brasileiros foram registradas no Pará (447,9 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente - MtCO₂eq), seguido por Mato Grosso (269,3 MtCO₂eq) e Minas Gerais (168,2 MtCO₂eq). Já o Mato Grosso do Sul, com 81,5 MtCO₂eq, ocupou a 11ª posição no ranking das emissões absolutas dos estados (SEEG, 2021).

A maioria das nações não é capaz de lidar ou combater o impacto das mudanças climáticas com urgência, no entanto, alguns países desenvolveram suas estratégias e planos de adaptação para aliviar os impactos negativos das mudanças climáticas (DIN *et al.*, 2022).





No Mato Grosso do Sul, o plano Estado Carbono Neutro, de forma literal significa que determinada atividade ou empresa evita, reduz e/ou compensa as suas emissões de GEE, resultando em um balanço neutro entre emissões e remoções (FAMASUL, 2021).

A neutralidade carbônica refere-se à compensação do dióxido de carbono (CO₂) gerado por meio da captura, armazenamento e conversão de carbono dentro de um determinado período de tempo, de modo a atingir “emissão zero” de gases de efeito estufa (WU *et al.*, 2022; ZHAO *et al.*, 2022).

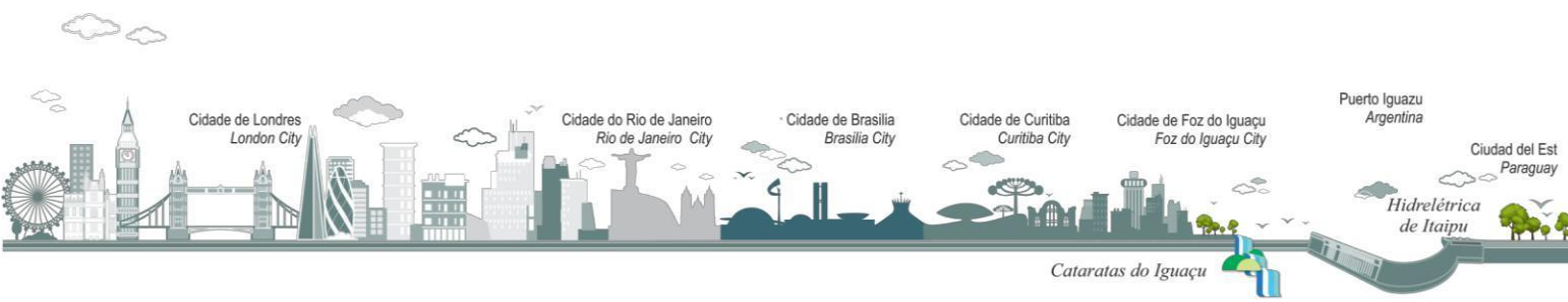
Modelos de simulação do clima provaram ser ferramentas valiosas para prever as influências das mudanças climáticas na agropecuária e informar as intervenções necessárias (DA SILVA *et al.*, 2021; GUNAWAT *et al.*, 2022). Os modelos do *Coupled Model Intercomparison Projects 6* (CMIP6) da plataforma *Climate Change Knowledge Portal* (CCKP) inclui mudanças nas condições globais sobre clima, vulnerabilidades e impactos históricos e futuros em diferentes cenários de emissões de gases de efeito estufa, denominados *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs) (EYRING *et al.*, 2016; HARRIS *et al.*, 2020; CCKP, 2021).

Baseando-se na estrutura conceitual proposta por Smit *et al.* (2000) e utilizada por Mair (2022), este estudo explora a relação dinâmica entre a mudança nas variáveis climáticas essenciais dos conjuntos de vários modelos e as estratégias de adaptação da agropecuária sul-mato-grossense, com o objetivo de especificar e diferenciar sistematicamente as medidas de adaptações, resumindo o progresso prático da neutralidade de carbono, o caminho de realização da neutralidade de carbono e a pesquisa de neutralidade de carbono.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os modelos do *Coupled Model Intercomparison Project 6* (CMIP6) que contribuem para o *Sixth Assessment Report - AR6* do IPCC são conduzidos por cenários conhecidos como *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs) e são apresentados ao longo de quatro períodos de tempo: 2020-2039, 2040-2059, 2060-2079 e 2080-2099 por meio de cinco SSPs: SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5, que representam possíveis caminhos de desenvolvimento social e políticas para o forçamento radiativo até 2100 (Tabela 1).

Cada cenário possui projeção específica de temperatura do ar e precipitação, sendo





esses fatores considerados parâmetros decisivos para implantação agropecuária local. Nesta revisão bibliográfica com meta-análise optamos por analisar os SSPs do período 2020-2039 (média 2030), devido ao objetivo do Plano Estadual MS Carbono Neutro que visa tornar o território sul-mato-grossense neutro em emissões de gases de efeito estufa até 2030.

Tabela 1. Descrição dos SSPs do CMIP6.

SSPs	Descrição
SSP1-1.9	Apresenta o cenário mais otimista e foi adicionado para oferecer uma visão sobre a resposta climática que pode refletir a meta do Acordo de Paris e apresenta um forçamento radiativo de $1,9\text{W/m}^2$ em 2100
SSP1-2.6	Apresenta um cenário de crescimento e igualdade focados na sustentabilidade com emissões globais severamente cortadas, o forçamento radiativo se estabiliza em $2,6\text{W/m}^2$ em 2100
SSP2-4.5	Apresenta um cenário "no meio do caminho" em que as emissões permanecem em torno dos níveis atuais, o forçamento radiativo se estabiliza em $4,5\text{W/m}^2$ em 2100
SSP3-7.0	Apresenta um cenário no qual os países estão cada vez mais competitivos e as emissões continuam a subir, quase dobrando em relação aos níveis atuais, retrata um forçamento radiativo de $7,0\text{W/m}^2$ em 2100
SSP5-8.5	Apresenta um cenário de crescimento rápido e irrestrito na produção econômica e no uso de energia, o forçamento radiativo se estabiliza em $8,5\text{W/m}^2$ em 2100

Fonte: Elaborado pelos autores com base em CCKP (2022).

É possível observar o incremento nas máximas, mínimas e médias da temperatura do ar durante todo o ano para o período 2030 em relação ao cenário histórico 1995-2014 (figura 1).

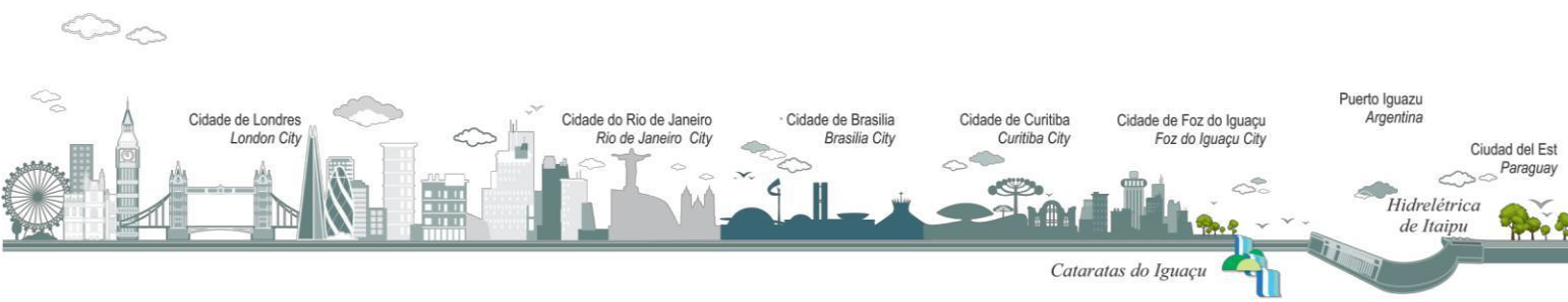
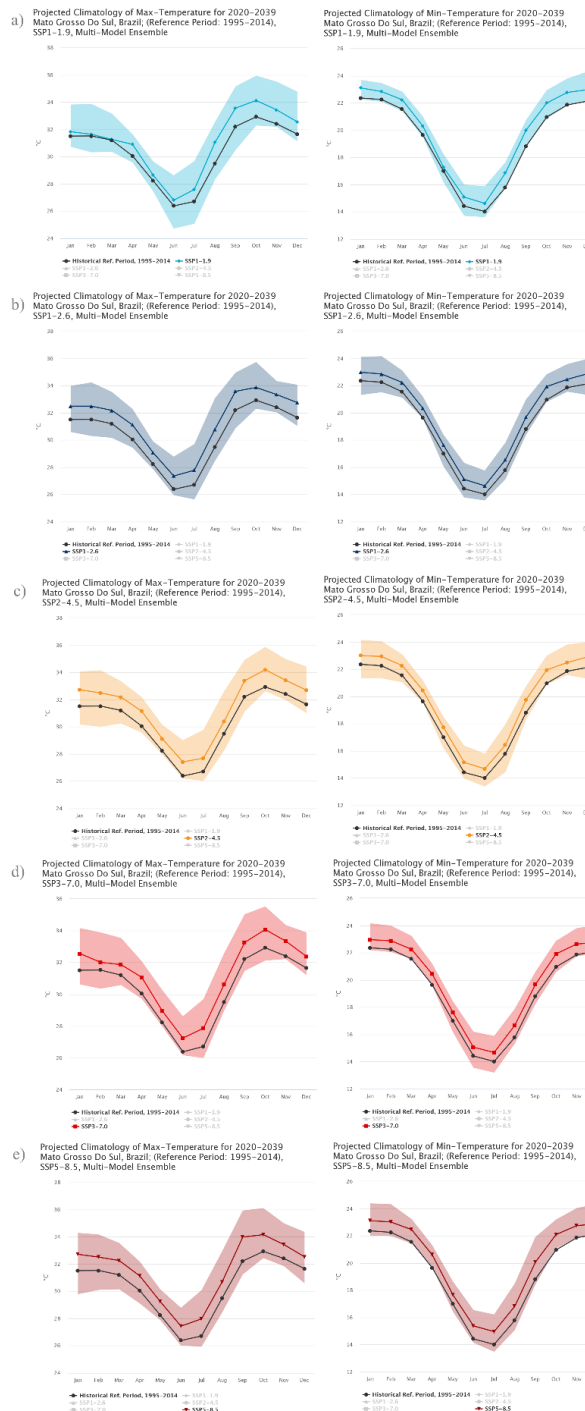
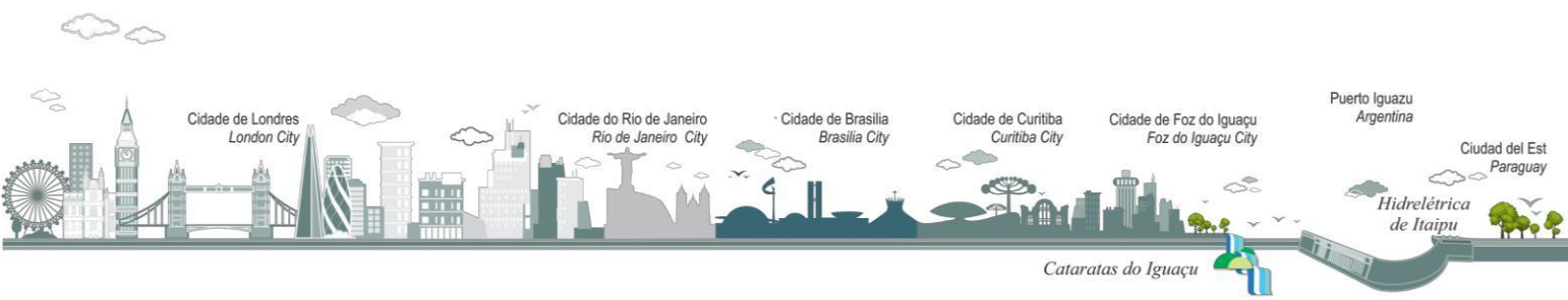




Figura 1. Temperaturas máximas e mínimas (°C) mensais para o Mato Grosso do Sul.



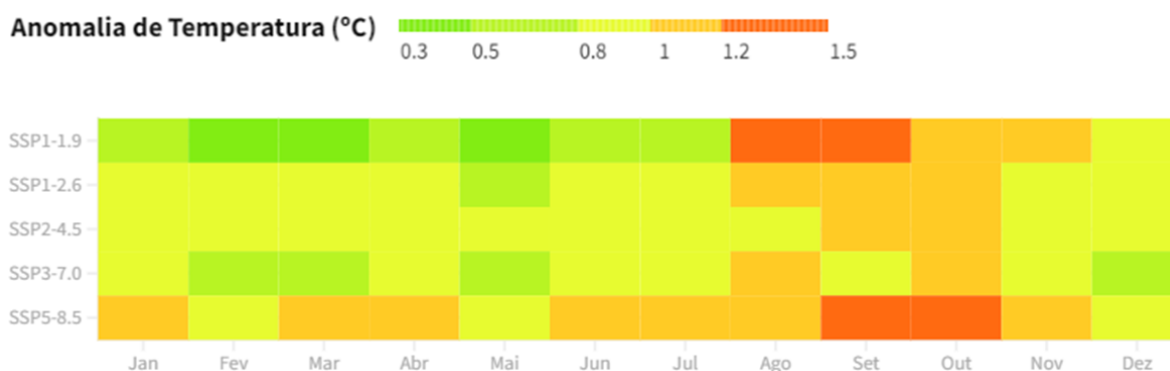
Fonte: CCKP (2022).





A anomalia de temperatura (figura 2) variou de 0.3 a 1.5°C, com classes abrangentes acima de 0.5°C. Esses valores estão dentro da faixa buscada pelo Acordo de Paris, mas próximos ao limite superior. Isso indica que o caminho para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C exigirá esforços significativos e ação imediata para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Stern e Stiglitz (2022) relatam que é essencialmente inviável atingir a meta de temperatura rigorosa de 1.5°C, e o caminho de 2°C requer emissões negativas no curto prazo. A estação da primavera, que contempla os meses de setembro, outubro e novembro indica um aumento médio na temperatura do ar de 0.97°C. A estação do inverno (junho, julho e agosto), devido ao aumento das temperaturas mínimas apresentou um incremento médio de 0.82°C. As estações do verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e outono (março, abril e maio) apresentaram incrementos médios semelhantes, com 0.67 e 0.68°C, respectivamente.

Figura 2. Anomalia de temperatura do ar (°C) mensal para o Mato Grosso do Sul.

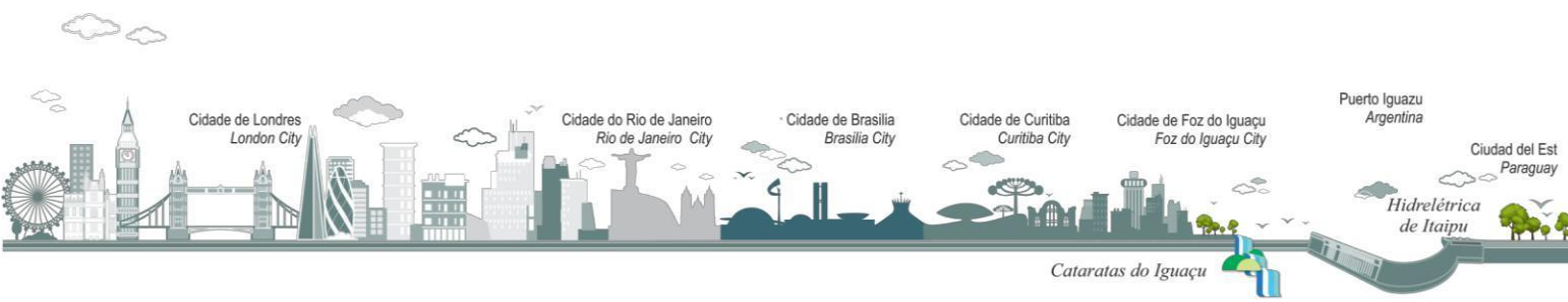


Fonte: Elaborado pelos autores com base no CCKP (2022).

Com as mudanças climáticas na temperatura do ar, as plantas e os animais ficarão suscetíveis ao estresse térmico, fato que, impacta o desempenho produtivo das espécies (CHENG *et al.*, 2022; GOUD *et al.* 2022).

Thornton *et al.* (2022), relata que perdas na produção global de leite e carne bovina por estresse térmico foram estimadas em US\$ 39,94 bilhões por ano até o final do século para SSP5-8.5 e de US\$ 14,89 bilhões por ano para SSP1-2.6, com maiores perdas em regiões tropicais.

Para as doenças, como por exemplo, ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) e do





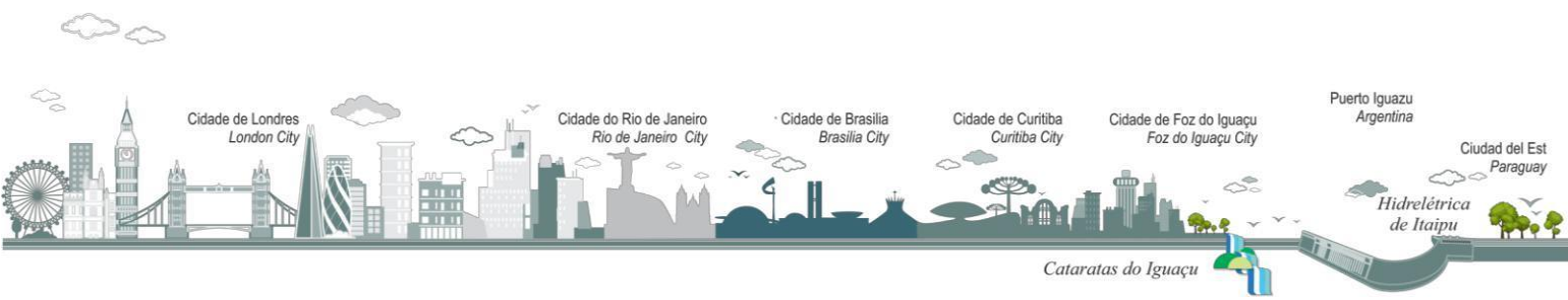
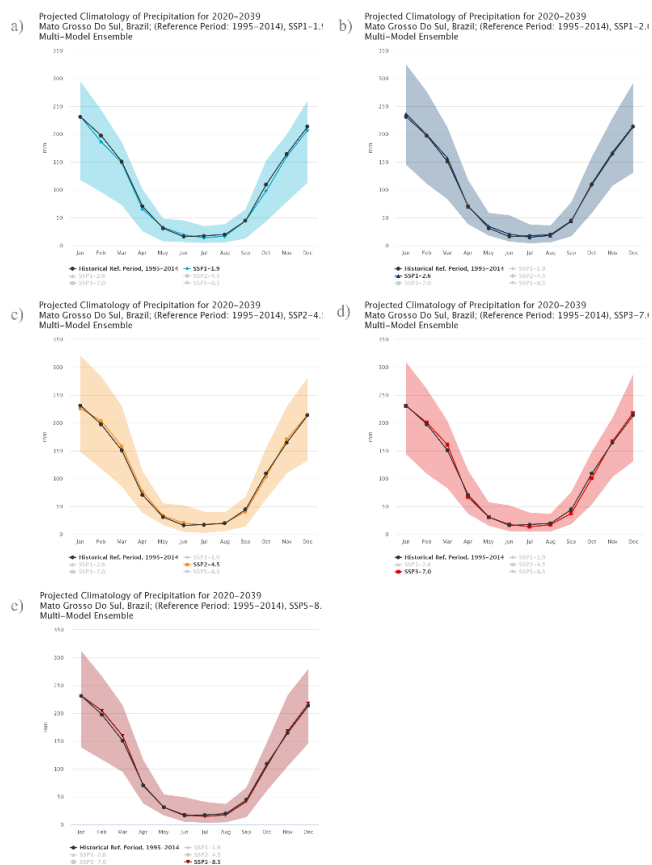
milho (*Puccinia sorghi* e *Puccinia polysora*) ocorrerá a diminuição de áreas adequadas para essas doenças no Brasil, com exceção da região Sul (RAMIREZ-CABRAL *et al.*, 2017; 2019).

Ainda, o aumento da temperatura e os níveis de CO₂ afetam a fisiologia dos insetos, aceleram seu metabolismo e aumentam seu consumo alimentar, aumentando, em última análise, as densidades populacionais (TONNANG *et al.*, 2022).

Outro ponto, é a influência das altas temperaturas nas culturas, como exemplificado no estudo de Tao *et al.* (2022), onde, demonstrou a alteração no ciclo fenológico do trigo, reduzindo o período de crescimento total em média 4,2 e 4,6 dias.

Em relação a precipitação (P), comparou-se o cenário histórico com os SSPs. Pode-se observar baixa variabilidade entre o cenário histórico e os SSPs (figura 3), não conclusivos, ocasionando maior incerteza quanto à sua transmutação.

Figura 3. Precipitações mensais (mm) para o Mato Grosso do Sul.

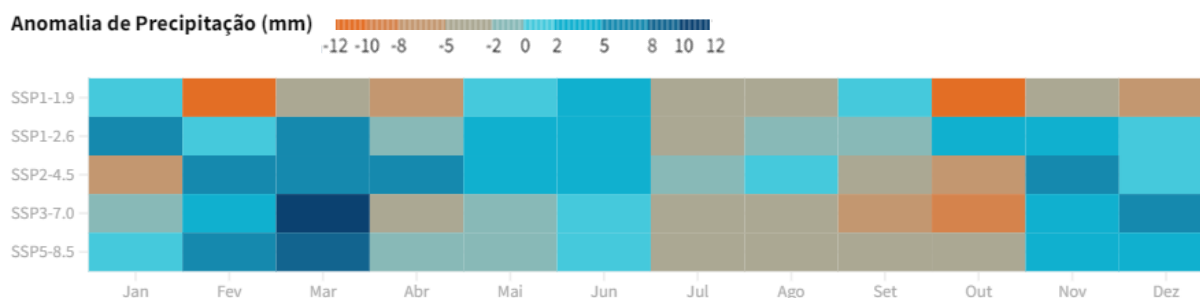




Fonte: CCKP (2022).

As estações inverno e primavera apresentaram tendências de redução na precipitação média, equivalente a 2.8 e 2.0% em comparação à média de P histórica. Em contrapartida as estações de verão e outono apresentaram incremento na P média de 0.7 e 2.1%, respectivamente. A anomalia de precipitação (mm) mensal (figura 4) verifica-se os meses de julho a outubro com predisposição a diminuição na P média e incremento entre fevereiro e março.

Figura 4. Anomalia de precipitação (mm) mensal para o Mato Grosso do Sul.

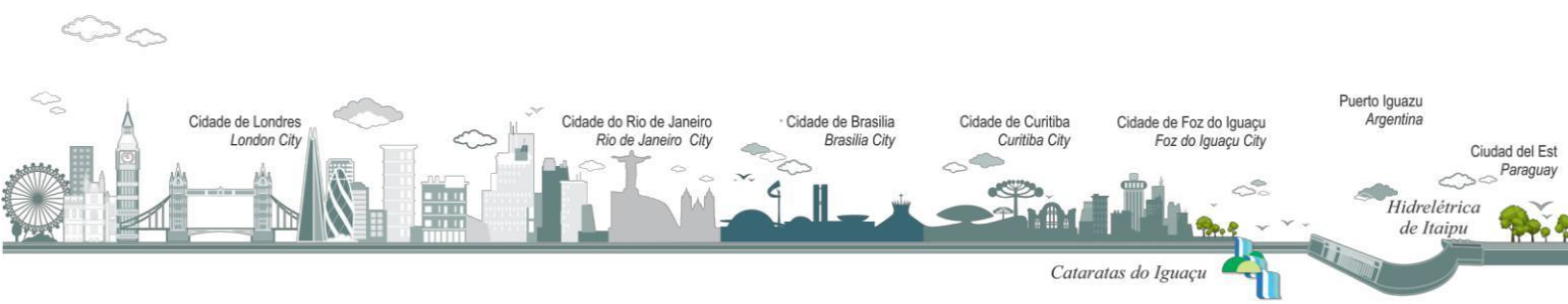


Fonte: Elaborado pelos autores com base no CCKP (2022).

Resultados semelhantes descritos por Waha *et al.* (2022) e Sentelhas (2022), onde relatam que há uma tendência de declínio no regime de chuvas, independentemente do cenário climático, enquanto que em outras regiões ou períodos, aumentos e diminuições são possíveis.

Os eventos de seca provavelmente serão mais severos e durarão mais (SURANNY *et al.*, 2022) e as perdas de produtividade decorrentes do aumento do déficit hídrico irão aumentar (VERHAGE *et al.* 2017). Além do que, o aquecimento dos oceanos pode desencadear um ponto de inflexão no ciclo ENOS, aumentando sua variabilidade e intensidade (GIANCATERINI *et al.*, 2022), refletindo no regime de chuvas de uma região.

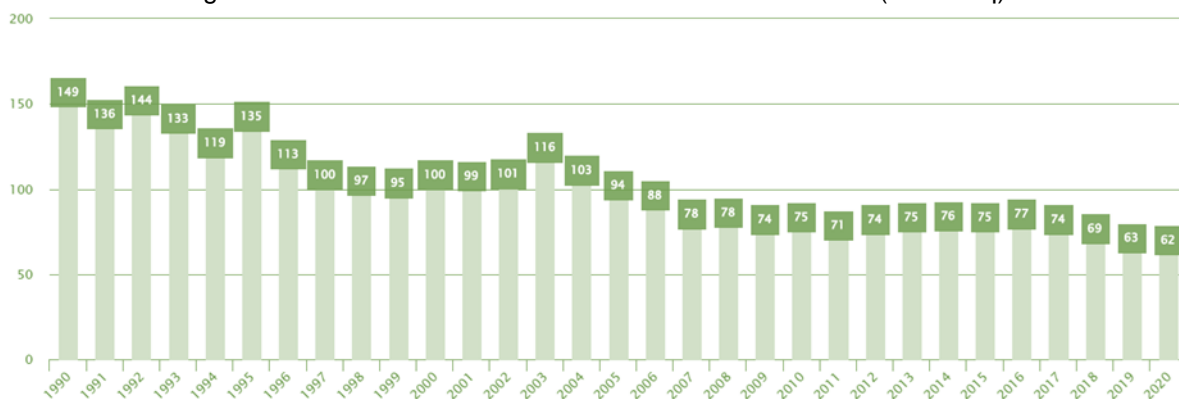
De acordo com levantamento realizado pela plataforma do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2021) aponta que o Estado de Mato Grosso do Sul registrou emissões em milhões de toneladas de carbono equivalente (MtCO₂eq) de 149





MtCO₂eq em 1990, passando para 62 MtCO₂eq em 2020 (figura 5).

Figura 5. Emissões totais alocadas no MS de 1990 a 2020 (MtCO₂eq).



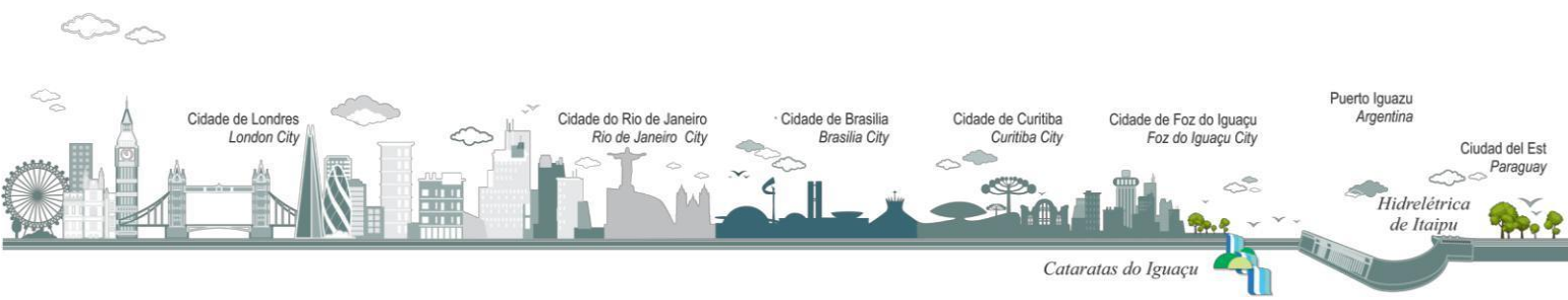
Fonte: SEEG (2021).

Reduções de GEE durante os decêndios de 1990-2000, 2000-2010 e 2010-2020, foram respectivamente, de 49, 25 e 13 MtCO₂eq, ou seja, fica evidente uma desaceleração nas reduções de GEE no território Sul-mato-grossense (figura 6a).

Com base nos decêndios da série histórica, buscamos propor cenários de reduções de GEE para 2030 no Mato Grosso do Sul, tendo, portanto, cenário otimista, marginal e pessimista. Nos três cenários, otimista, marginal e pessimista obtivemos balanços positivos de emissões GEE para 2030, sendo 13, 37 e 49 MtCO₂eq, respectivamente. Caso a tendência se concretize, não conseguiremos atingir a meta de descarbonização em 2030, conforme previsto no Plano Estadual MS Carbono Neutro, se aproximando da neutralidade no ano 2035 para o cenário otimista, 2045 para o cenário marginal e 2070 para o cenário pessimista.

O SEEG (2020) demonstra que o setor de agropecuária vem quebrando recordes de produção e reduzindo a intensidade das emissões, mas em números absolutos as emissões continuam a subir. No setor agropecuário, a média das emissões de GEE foram respectivamente, de 47,1, 51,1 e 48,2 MtCO₂eq durante os decêndios analisados. O setor da agropecuária Sul-mato-grossense é responsável por 56% das emissões de GEE (figura 6b).

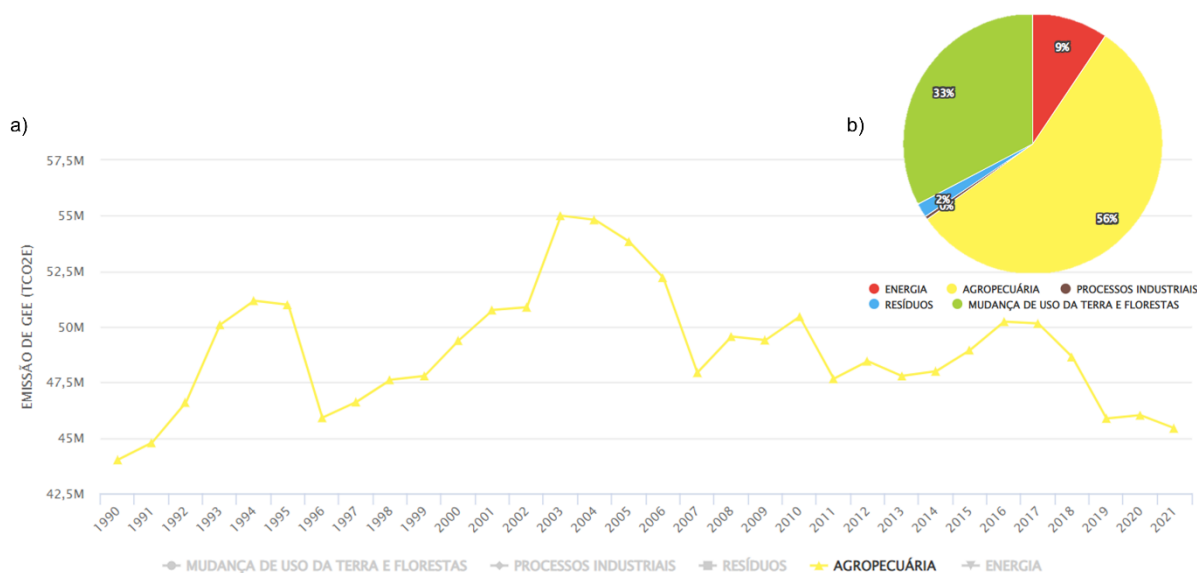
Embora a agropecuária seja uma das principais fontes de emissões de GEE, esse setor é uma fonte inesgotável de soluções relacionadas à mitigação e adaptação às mudanças





climáticas (ACAMPORA *et al.*, 2022; CHEN *et al.*, 2022).

Figura 6. a) série histórica (1990-2021) das emissões de GEE e (b) participação (%) das principais fontes de emissão de GEE (2021) na agropecuária do Mato Grosso do Sul.



Fonte: Adaptado de SEEG (2021).

Pesquisadores ao redor do mundo apontam que a intensificação dos esforços para alcançar a neutralidade de carbono irá mitigar as mudanças climáticas (WU *et al.*, 2022). Por meio das principais fontes de emissão agropecuária de GEE no MS (figura 7) é possível focar em alternativas que minimizem as emissões. A contribuição da agropecuária para a mitigação das mudanças climáticas foi estimada em 31% por meio da recuperação de pastagens, 25,6% por meio da integração lavoura, pecuária e floresta, 24,3% por plantio direto, 12,8% por florestamento, 4,2% por fixação biológica de nitrogênio e 2 % através da reciclagem de resíduos orgânicos industriais (SÁ *et al.*, 2017).

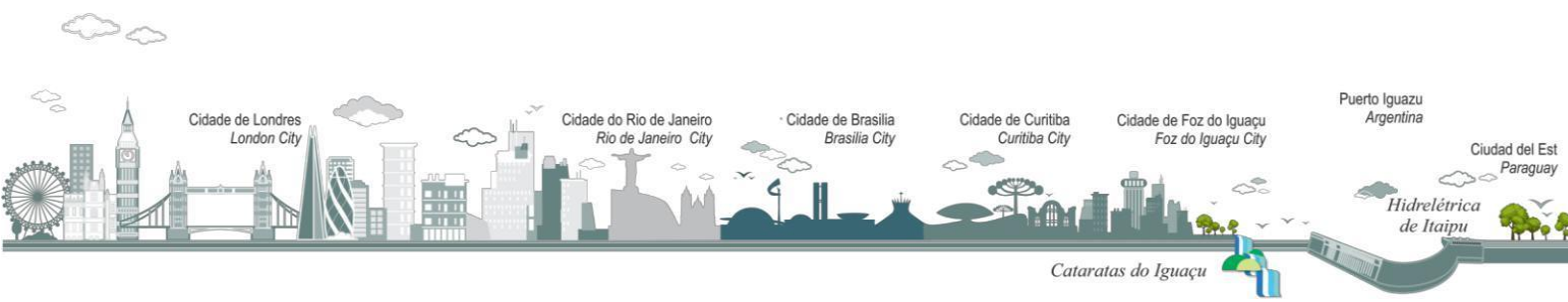
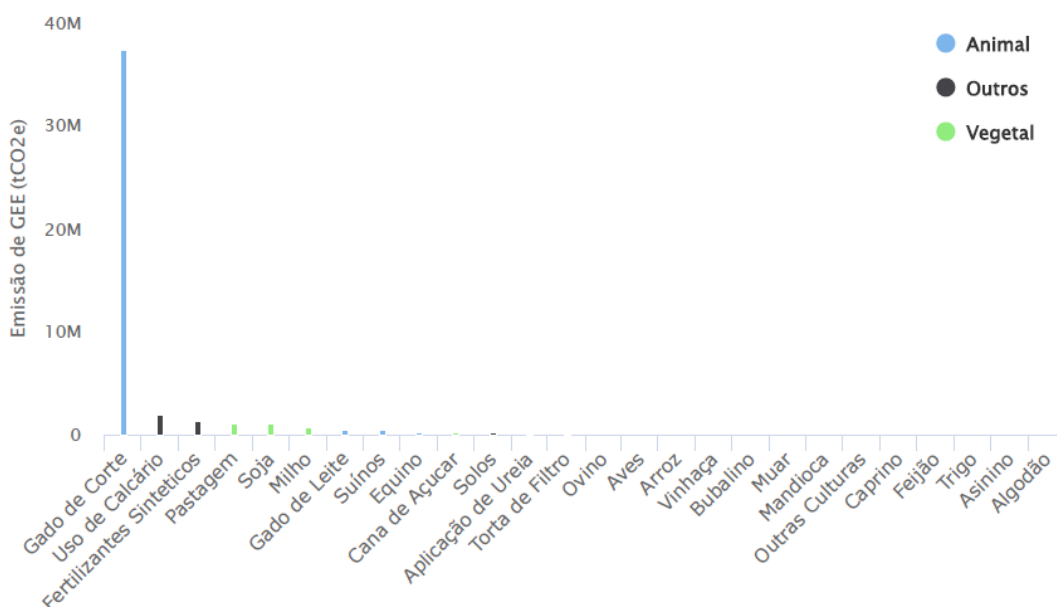




Figura 7. Principais fontes de emissão agropecuária de GEE no MS.



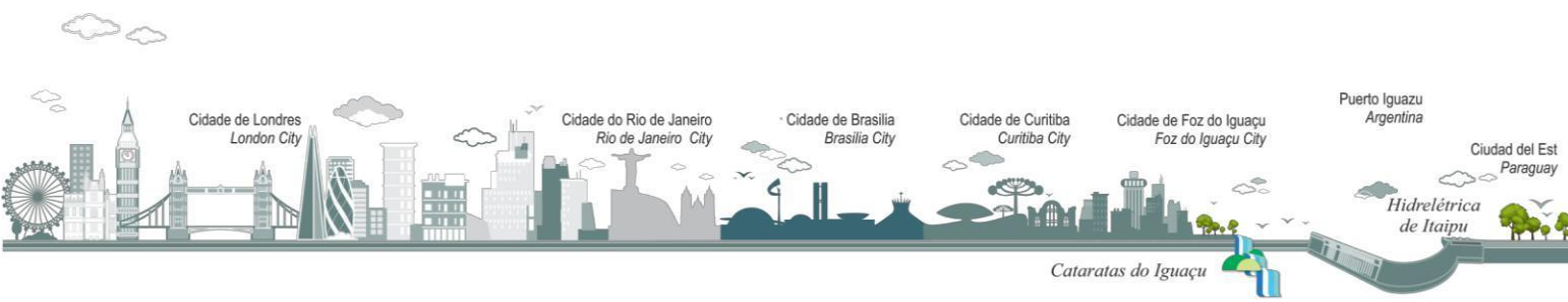
Fonte: SEEG (2020).

As iniciativas descarbonizantes devem estimular P&D&I em atividades que contribuam para a redução da emissão de gases de efeito estufa; estabelecer e fomentar políticas públicas que reduzam a pegada de carbono; estimular mecanismos de comercialização de créditos de carbono que possibilitem compensar financeiramente as emissões (MORETTI e FERREIRA, 2021).

Precisamos explorar essa vantagem competitiva e comunicar ao mundo, mais e melhor, que além de competitivo, o agro brasileiro é sustentável e contribui, sistematicamente, para a redução da emissão de carbono (MORETTI e FERREIRA, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mudanças na temperatura do ar e a flutuabilidade no regime hídrico podem impactar negativamente o setor agropecuário de Mato Grosso do Sul com o incremento na temperatura





média do ar podendo alcançar 1.5°C até 2030.

As iniciativas de mitigação dos gases de efeito estufa, através de políticas de desenvolvimento e adoção de práticas sustentáveis de produção vêm sendo criadas, testadas e praticadas no campo, sendo primordiais a resiliência da agropecuária.

É essencial a intensificação e aplicação de estratégias na matriz produtiva agrícola e pecuária para o Estado de Mato Grosso do Sul atingir a grande meta de neutralização do carbono em 2030, tornando-se modelo na solução ambiental-climática nacional e internacional.

AGRADECIMENTO: o Autor expressa sua gratidão ao Prêmio Agrociência 2022 da Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul (FAMASUL), pela oportunidade de participar do evento, colaborando com o setor agropecuário local e pela honra de ter conquistado o primeiro lugar na categoria graduação com a presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABBAS, S. Climate change and major crop production: evidence from Pakistan. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 4, p. 5406-5414, 2022.

ACAMPORA, A. *et al.* Carbon Neutrality in the Agri-Food Sector. In: **Carbon Neutrality in the Agri-food Sector**. Springer, Cham, 2022. p. 29-49.

BHADRA, P. *et al.* Climate change impact on plants: Plant responses and adaptations. In: **Plant Perspectives to Global Climate Changes**. Academic Press, 2022. p. 1-24.

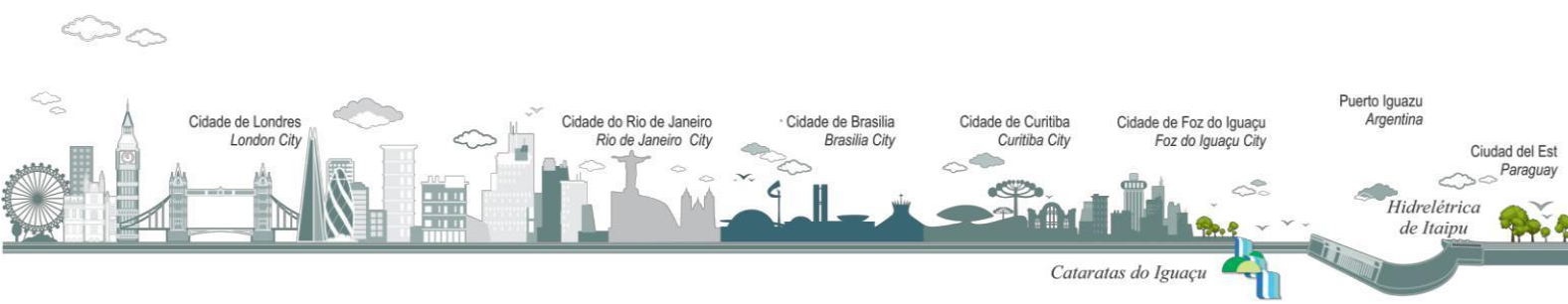
CCKP - Climate Change Knowledge Portal. **Metadata**. World Bank Group, 2021. Disponível em: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>. Acesso em: 25 mai. 2022.

CHENG, M.; MCCARL, B.; FEI, C. Climate change and livestock production: a literature review. **Atmosphere**, v. 13, n. 1, p. 140, 2022.

CLIMATE WATCH. **Greenhouse Gas (GHG) Emissions** (2019). Disponível em https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?end_year=2018&start_year=1990. Acesso em 04 abr. 2022.

DA SILVA, G. J. *et al.* Aptitude of areas planned for sugarcane cultivation expansion in the state of São Paulo, Brazil: a study based on climate change effects. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 305, p. 107164, 2021.

DIN, M. S. U. *et al.* World nations priorities on climate change and food security. In: **Building Climate Resilience in Agriculture**. Springer, Cham, 2022. p. 365-384.





EL MOKHTAR, M. A. *et al.* Food security and climate change. In: **Research Anthology on Environmental and Societal Impacts of Climate Change**. IGI Global, 2022. p. 44-63.

EYRING, V. *et al.* Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. **Geoscientific Model Development**, v. 9, n. 5, p. 1937-1958, 2016.

FAMASUL - Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul. Carbono Neutro. **Boletim Casa Rural**, Radar Ambiental, Ed. Nº1, 2021. Disponível em: <https://portal.sistemafamasul.com.br/sites/default/files/boletimcasapdf/BOLETIM%20RADAR%20AMBIENTAL%20N%20011.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2022.

GIANCATERINI, F.; HECQ, A.; MORANA, C. Is climate change time reversible?. **arXiv preprint arXiv:2205.07579**, 2022.

GOUD, E. L.; SINGH, J.; KUMAR, P. Climate change and their impact on global food production. In: **Microbiome Under Changing Climate**. Woodhead Publishing, 2022. p. 415-436.

GUNAWAT, A. *et al.* Assessment of climate change impact and potential adaptation measures on wheat yield using the DSSAT model in the semi-arid environment. **Natural Hazards**, p. 1-20, 2022.

HARRIS, I. *et al.* Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. **Scientific data**, v. 7, n. 1, p. 1-18, 2020.

MAIR, J. Events and climate change. In: **A Research Agenda for Event Impacts**. Edward Elgar Publishing, 2022.

MARENGO, J. A. *et al.* Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia–Cerrado transition zone. **Scientific reports**, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2022.

MORETTI, C. L.; FERREIRA, T. T. **O manifesto verde de Bill Gates e a agricultura de baixo carbono no Brasil**. 2021.

OZDEMIR, D. The impact of climate change on agricultural productivity in Asian countries: a heterogeneous panel data approach. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 6, p. 8205-8217, 2022.

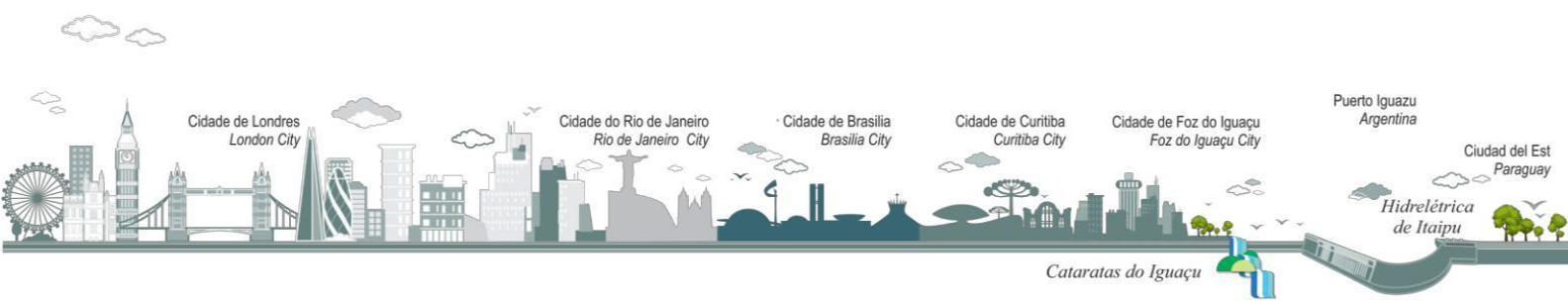
PARDO, M. B.; DURÁN-ROMERO, G. Food Security: Agricultural Innovation to Increase Resilience and Adaptation to Climate Change in Developing Countries. **Studies of Applied Economics**, v. 40, n. 1, 2022.

RAMIREZ-CABRAL, N. Y. Z.; KUMAR, L.; SHABANI, F. Global risk levels for corn rusts (*Puccinia sorghi* and *Puccinia polysora*) under climate change projections. **Journal of Phytopathology**, v. 165, n. 9, p. 563-574, 2017.

RAMIREZ-CABRAL, N. Y. Z.; KUMAR, L.; SHABANI, F. Suitable areas of *Phakopsora pachyrhizi*, *Spodoptera exigua*, and their host plant *Phaseolus vulgaris* are projected to reduce and shift due to climate change. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 135, n. 1, p. 409-424, 2019.

SÁ, J. C. de M. *et al.* Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Environment international**, v. 98, p. 102-112, 2017.

SEEG - Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa. (2020). **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019**. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf. Acesso em: 04 abr. 2023.





SEEG - Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa. (2021). **Mato Grosso do Sul - 2021**. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/territories/mato-grosso-do-sul/card?year=2020&cities=false>. Acesso em: 18 jun. 2022.

SENTELHAS, P. C. Variabilidade e mudanças climáticas no contexto da agricultura irrigada. **Agricultura irrigada no Brasil: ciência e tecnologia**, p. 397: il, 2022.

SMIT, B. *et al.* An anatomy of adaptation to climate change and variability. In: **Societal adaptation to climate variability and change**. Springer, Dordrecht, 2000. p. 223-251.

STERN, N.; STIGLITZ, J. The economics of immense risk, urgent action and radical change: towards new approaches to the economics of climate change. **Journal of Economic Methodology**, p. 1-36, 2022.

SURANNY, L. E.; GRAVITIANI, E.; RAHARDJO, M. Impact of climate change on the agriculture sector and its adaptation strategies. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2022. p. 012038.

TAO, F. *et al.* Climate warming outweighed agricultural managements in affecting wheat phenology across China during 1981–2018. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 316, p. 108865, 2022.

THORNTON, P. *et al.* Impacts of heat stress on global cattle production during the 21st century: a modelling study. **The Lancet Planetary Health**, v. 6, n. 3, p. e192-e201, 2022.

TONNANG, H. E. *et al.* Measuring and modelling crop yield losses due to invasive insect pests under climate change. **Current Opinion in Insect Science**, p. 100873, 2022.

VERHAGE, F. Y. F.; ANTEN, N. P. R.; SENTELHAS, P. C. Carbon dioxide fertilization offsets negative impacts of climate change on Arabica coffee yield in Brazil. **Climatic Change**, v. 144, n. 4, p. 671-685, 2017.

WAHA, K. *et al.* Past and future rainfall changes in the Australian midlatitudes and implications for agriculture. **Climatic Change**, v. 170, n. 3, p. 1-21, 2022.

WU, X.; TIAN, Z.; GUO, J. A review of the theoretical research and practical progress of carbon neutrality. **Sustainable Operations and Computers**, v. 3, p. 54-66, 2022.

ZHAO, X. *et al.* Challenges toward carbon neutrality in China: Strategies and countermeasures. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 176, p. 105959, 2022.

