

EXTINÇÃO SILENCIOSA: O AQUECIMENTO GLOBAL E A PERDA DA BIODIVERSIDADE DAS PLANTAS

Pedro Luiz de Souza Neto

Cornélio Schwambach

Angela Balcevicz

cornelio.schwambach@escola.pr.gov.br

Colégio da Polícia Militar do Paraná, Curitiba, Paraná

Resumo

Este estudo analisa o impacto do aquecimento global na diversidade da flora mundial, com foco nas plantas C3, C4 e CAM. A hipótese é que o aumento da temperatura média em regiões como o Cerrado brasileiro e a savana africana reduzirá a distribuição e densidade de espécies nativas, elevando as taxas de extinção e afetando a biodiversidade, a produção de alimentos e a economia global. A pesquisa revisa a relação entre o aumento de gases do efeito estufa e o aquecimento global, destacando a correlação histórica entre CO₂ e temperatura nos últimos 420 mil anos. As plantas C3, menos adaptadas ao calor, predominam em culturas importantes como arroz, trigo e soja. Já as C4 e CAM apresentam adaptações para climas mais quentes. Utilizando um modelo computacional ARIMA modificado em Python, a simulação prevê temperaturas de 26,99 °C no Cerrado e 27,5 °C na savana africana em 2073. Esses valores ultrapassam a faixa ideal para plantas C3 (20–25 °C), indicando riscos para a agricultura e a biodiversidade. O estudo conclui que, sem conter o aquecimento global, haverá graves consequências ecológicas e socioeconômicas, reforçando a urgência de ações contra as mudanças climáticas.

Palavras-chave: Aquecimento Global; Plantas C3/C4/CAM; Biodiversidade; Python

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO OU PROBLEMA DE PESQUISA

Um problema global que vem sendo enfatizado é destacado por ONGs, jornais, escolas, e, no entanto, negado por políticos, representantes e negacionistas no meio internacional, é o aquecimento global, responsável, por exemplo, pelo aumento de catástrofes, como furacões, derretimento das calotas polares e, a razão pela qual esses eventos acontecem, o aumento da temperatura por todo o mundo. Além desses fatos empíricos vividos diariamente em diferentes países, qual o impacto dessas mudanças climáticas na diversidade da flora mundial? De que maneira as diferentes plantas C3, C4 e CAM serão afetadas?

1.2 HIPÓTESE

Espera-se que o aumento da temperatura média em X graus Celsius nas regiões do Cerrado brasileiro e da savana africana, projetado para ocorrer nos próximos Y anos devido ao aquecimento global, resultará em uma redução significativa (Z%) na área de distribuição geográfica e na densidade populacional das espécies de leguminosas nativas A, B e C, com um aumento correspondente na taxa de extinção local dessas espécies.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Demonstrar que o aumento do aquecimento global afetará diretamente a biodiversidade, produção de alimentos e, por consequência, não apenas a economia de diversos países, como também a macroeconomia internacional, afetando as plantas C3 e favorecendo as plantas C4.

1.3.2 Objetivos específicos

Estudar os dados científicos produzidos por pesquisas que evidenciam as variações de temperatura global e, assim, utilizando ferramentas matemáticas, criar uma previsão para os anos seguintes.

Analisar as condições que serão impostas a certas espécies de plantas e como isso influenciará em suas funções vitais que, assim, poderá acarretar na extinção das mesmas.

Comparar Plantas C3, C4 e CAM

Revisar literatura sobre a temática.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1.1 Aquecimento global

O aquecimento global é um fenômeno caracterizado pelo aumento da temperatura média da Terra, principalmente causado pelas atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento. Nos últimos 150 anos, a temperatura média global aumentou cerca de 0,7°C, devido à intensificação do efeito estufa e ao aumento do CO₂, que passou de 280 ppmv para 380 ppmv. Esse processo tem consequências amplas, afetando setores como saúde e agricultura, com impactos tanto imediatos quanto a longo prazo. Além disso, gera debates sobre suas causas, incluindo a influência de eventos como erupções vulcânicas e fatores cosmológicos.

Um estudo realizado pela Universidade de East Anglia investigou o aumento das temperaturas urbanas em Beijing e Wuhan, China, em comparação com as áreas rurais ao redor. O estudo identificou desvios em relação à média móvel de cinco anos, destacando o fenômeno das ilhas de calor urbanas. Para ajustar esses desvios, utilizaram-se ferramentas matemáticas.

Adicionalmente, o estudo de Jean-Robert Petit e seus colegas, em 1999, analisou núcleos de gelo da estação Vostok, na Antártica, e estabeleceu uma correlação entre os gases de efeito estufa e as variações de temperatura ao longo de 420 mil anos.

Em conclusão, o aquecimento global é um fenômeno de escala global que impacta diretamente o meio ambiente e o modelo econômico, reforçando a necessidade de um estudo contínuo e aprofundado sobre suas causas e consequências.

2.1.2 Plantas C3, C4 e CAM

A fotossíntese é fundamental para a sobrevivência das plantas, fornecendo energia por meio de processos químicos nas células vegetais. Ela é influenciada não só pela luz, mas também pelas reações químicas que mantêm as plantas vivas, que se dividem em três tipos: C3, C4 e CAM.

As plantas C3, com processos fotossintéticos primitivos, fixam o CO₂ pela enzima Rubisco, gerando o composto 3-PGA no Ciclo de Calvin. Já as plantas C4 são adaptadas a temperaturas altas e separaram fisicamente o Ciclo de Calvin dos outros processos fotossintéticos. O CO₂ é inicialmente fixado nas células do mesófilo, formando oxaloacetato, que é transformado em malato. Esse malato é transportado para as células da bainha do feixe, onde o CO₂ é liberado e fixado pela Rubisco, otimizando a fotossíntese e minimizando a fotorrespiração, mas com custo energético (ATP) (KHAN ACADEMY, 2015).

As plantas CAM, adaptadas a ambientes quentes e secos, separam os processos fotossintéticos no tempo, realizando a fixação de CO₂ à noite, quando abrem os estômatos. O CO₂ é armazenado como ácido orgânico nos vacúolos e liberado durante o dia para o Ciclo de Calvin, evitando a fotorrespiração e economizando energia (KHAN ACADEMY, 2015).

Com as mudanças climáticas alterando constantemente a temperatura global, os diferentes tipos de plantas enfrentam riscos de extinção devido à incapacidade de adaptação rápida às novas condições ambientais.

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Para modelar a previsão da temperatura em regiões específicas, foi utilizado o algoritmo ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), que, com base em dados históricos, gera previsões, lineares ou não, para o ano desejado. O modelo, implementado em Python, utiliza a seguinte fórmula:

$$T(t) = T_0 + \alpha * t + \epsilon_t + A * \text{sen}(2\pi * t/P)$$

O código se divide em quatro partes: a temperatura inicial, a taxa constante de aquecimento, o ruído aleatório (para eventos imprevisíveis) e o ciclo sazonal (representado pela função seno). Embora seja um modelo sintético, ele tenta considerar ciclos sazonais, aquecimento constante e eventos inesperados.

O código foi integrado à IA JULIUS AI, especializada em gerar planilhas e gráficos, que processou e formatou os resultados de acordo com a aplicação da fórmula T(t) para o ano t.

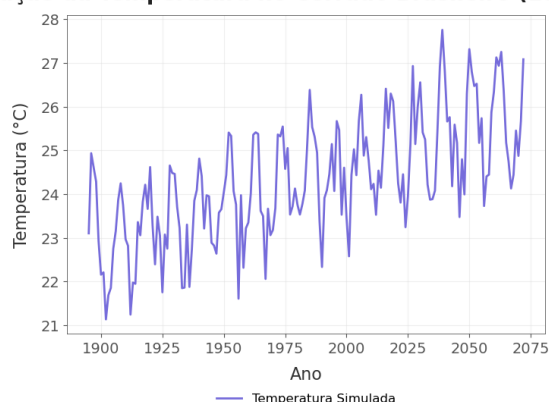
RESULTADOS ESPERADOS/PARCIAIS

O código foi integrado à IA JULIUS AI, especializada em gerar planilhas e gráficos, que processou e formatou os resultados de acordo com a aplicação da fórmula T(t) para o ano t.

Para a região do Cerrado Brasileiro, obteve-se como resultado o gráfico gerado pela IA Julius (Fig.1).

Figura 1: Gráfico gerado aplicando a tabela de dados da Região do Cerrado à IA Julius.

Evolução da Temperatura no Cerrado Brasileiro (1895-2073)



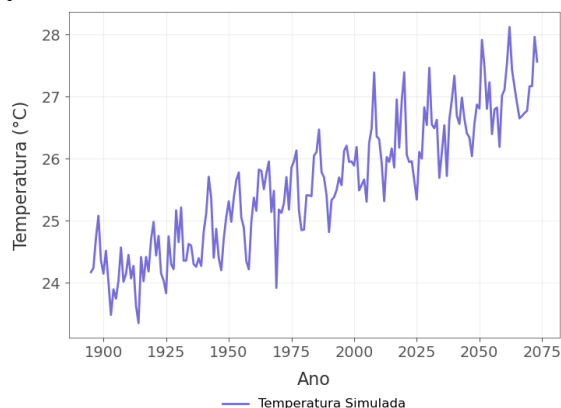
Fonte: Criação próprio autor IA (julius)

Com isso, sabe-se, a partir do algoritmo, que a temperatura no Cerrado brasileiro está prevista para chegar a 26,99 °C em 2073.

Junto a isso, o código também foi aplicado para a região da savana africana, obtendo-se o gráfico gerado pela IA Julius(Fig.2).

Figura 2: Gráfico gerado aplicando a tabela de dados da Savana Africana à IA Julius.

Temperatura Média Anual na Savana Africana (1895-2073)



Fonte: Criação próprio autor IA (julius)

Assim, sabe-se também, que a temperatura na savana africana atingirá 27.5°C em 2073.

CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÕES

Após a análise dos gráficos resultantes da aplicação de um algoritmo computacional nas regiões do Cerrado e da Savana Africana, é possível prever as temperaturas que essas áreas podem atingir, o que

auxilia na avaliação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do aumento da temperatura global. Sabendo das temperaturas previstas e das diferentes classificações das plantas em relação à fotorrespiração, podemos entender melhor a eficiência das plantas em ambientes com temperaturas distintas.

A eficiência fotossintética ótima das espécies C3 ocorre em temperaturas na faixa de 20 a 25 °C. Por outro lado, o metabolismo das plantas C4 minimiza a fotorrespiração, estando elas mais adaptadas a climas quentes, com eficiência fotossintética ótima em 25 a 35 °C (DANELUZZI, 2023).

Com base nessas pesquisas, é possível compreender como as plantas C3 e C4 se comportam em diferentes condições climáticas. As plantas C3, por exemplo, têm seu limite de eficiência entre 20 e 25 °C, enquanto as C4 se adaptam melhor a temperaturas de 25 a 35 °C. Esse entendimento é essencial, principalmente quando consideramos as influências da Savana Africana e do Cerrado no cenário regional e global. O Cerrado, por exemplo, é um bioma crucial para a economia brasileira, sendo responsável por grande parte da produção agrícola nacional.

O desempenho da agricultura brasileira nas últimas quatro décadas reflete, em grande medida, o extraordinário desenvolvimento desse setor no Cerrado, ilustrando a importância do bioma para a economia do País e para a segurança alimentar global (SANTANA et al., 2020, p. 39).

A economia do Cerrado está baseada no cultivo de culturas temporárias, como arroz, trigo e soja — plantas C3 fundamentais para a exportação, especialmente a soja, que tem um papel significativo no comércio global.

No entanto, as previsões realizadas com o algoritmo indicam um risco significativo para essas atividades econômicas com o aumento das temperaturas. O aumento global das temperaturas pode afetar a dinâmica microeconômica do Cerrado e impactar o cenário macroeconômico do agronegócio mundial, especialmente no que diz respeito à produção de soja, do qual o Brasil é responsável por 42% da produção global. Além disso, o impacto ambiental no bioma será severo, pois as temperaturas elevadas podem alterar drasticamente a biodiversidade da região, afetando negativamente as espécies de árvores do tipo C3 e, conseqüentemente, as várias espécies que dependem delas para sobreviver e se reproduzir.

Condições climáticas semelhantes serão impostas à região da Savana Africana, que atingirá temperaturas de cerca de 27 °C, de acordo com a projeção algorítmica. Apesar da adaptação de algumas espécies ao clima semiárido, o aumento das temperaturas poderá agravar as condições de plantios de subsistência, prejudicando a segurança alimentar de famílias e povos locais, além de aumentar a incidência de secas e crises hídricas, que afetam negativamente o cenário agrícola, ecológico e social.

Portanto, a aplicação dessa metodologia revela que o aquecimento global, mantendo sua taxa de aceleração, terá um impacto profundo na economia e na biodiversidade de várias regiões ao redor do mundo, reforçando a necessidade urgente de medidas para controlar as mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

BAHCALL, J. N.; SERENELLI, A. M. **What Have We Learned From Solar Neutrinos?**. arXiv preprint astro-ph/0207637, [S. l.], 2002. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/astro-ph/0207637>. Acesso em: 10 maio 2025.

BECK, E.-G. **180 years of atmospheric CO₂ gas analysis by chemical methods**. Energy & Environment, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 259-282, 2007. Disponível em: https://www-f9.ijs.si/~margan/CO2/Refs/180_yrs_Atmos_CO2_Analysis_by_chemical_methods_Beck_2007.pdf. Acesso em: 14 mar 2025.

DANELUZZI, Gabriel Daneluzzi. **Plantas C3 e fotorrespiração: o desafio da fixação de carbono em climas quentes**. AgroAdvance, 2023. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-plantas-c3-e-fotorrespiracao/#:~:text=Portanto%2C%20a%20efici%C3%Aancia%20fotossint%C3%A9tica%20%C3%B3tima,25%20a%2035%20%C2%B0C..> Acesso em: 21 maio 2025.

KHAN ACADEMY. **Plantas C3, C4 e CAM**. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/photorespiration--c3-c4-cam-plants/a/c3-c4-and-cam-plants-agriculture>. Acesso em: 2 maio 2025.

OLIVEIRA, A. R.; SILVA, B. B. da; SOUZA, C. A. A. de. **Análise da vulnerabilidade climática de comunidades tradicionais do Pantanal Sul-Mato-Grossense**. Revista Brasileira de Climatologia, Dourados, v. 18, p. 189-207, 2016. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/13512/6930>. Acesso em: 14 maio 2025.

SANTANA, C. A. M.; CAMPOS, S. K.; MARRA, R.; ARAGÃO, A. A. **Cerrado: pilar da agricultura brasileira**. In: BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (Ed.). Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, cap. 2, p. 39-58. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1121866/1/Cerrado-pilar-da-agricultura-brasileira.pdf>. Acesso em: 21 maio 2025.