

IMPACTO DO AQUECIMENTO GLOBAL NA QUALIDADE NUTRICIONAL DOS ALIMENTOS: EFEITOS DA ELEVAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO

Yatagan Moreira da Rocha

Wanderson Cássio Oliveira Araújo

Camila Pinheiro Pereira

Alane Nogueira Bezerra

Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO

E-mail: yataganrocha@gmail.com

Título da Sessão Temática: *Alimentos, Nutrição e Saúde*

Evento: VII Encontro de Iniciação à Pesquisa

RESUMO

Introdução: O Dióxido de Carbono (CO₂) é um gás presente na atmosfera que favorece o efeito estufa, a emissão desse gás tem crescido significativamente desde a revolução industrial. A Elevação de CO₂ (eCO₂) contribui para mudanças climáticas e podem afetar culturas alimentares e a fisiologia vegetal. **Objetivo:** Verificar na literatura os efeitos da eCO₂ e o seu impacto na qualidade e/ou composição nutricional dos alimentos de origem vegetal. **Metodologia:** Trata-se de um revisão bibliográfica focando na eCO₂ e seus efeitos na qualidade nutricional dos alimentos vegetais. Foram pesquisados nas bases de dados Pubmed, Biblioteca Virtual em Saúde e Scopus estudos em inglês publicados entre janeiro/2013 e agosto/2019. **Resultados e Discussão:** Ao todo, 8 estudos foram selecionados, abordando 10 diferentes tipos de alimentos, dentre eles, frutos e grãos expostos a níveis elevados de CO₂. Houve redução significativa na concentração de Nitrogênio (N), proteínas e Aminoácidos (AA), ácidos graxos e micronutrientes, como Ferro (Fe), Zinco (Zn), magnésio, cálcio e vitaminas, mas, aumento em sacarídeos (frutose e glicose), alterando a qualidade nutricional desses alimentos. **Considerações Finais:** A eCO₂ afeta a composição nutricional dos alimentos, reduz N, proteínas e AA e aumentam componentes a base de carbono, como frutose e glicose, além de afetar vitaminas e minerais, principalmente Fe e Zn. O efeito da eCO₂ deve ser observado no Brasil, pois setores da economia nacional, como agropecuária e indústria elevam o CO₂, além da alta prevalência de desmatamento podem afetar a qualidade dos alimentos e segurança alimentar da população brasileira.

Palavras-chave: Dióxido de carbono. Qualidade nutricional. Segurança alimentar. Aquecimento global.

INTRODUÇÃO

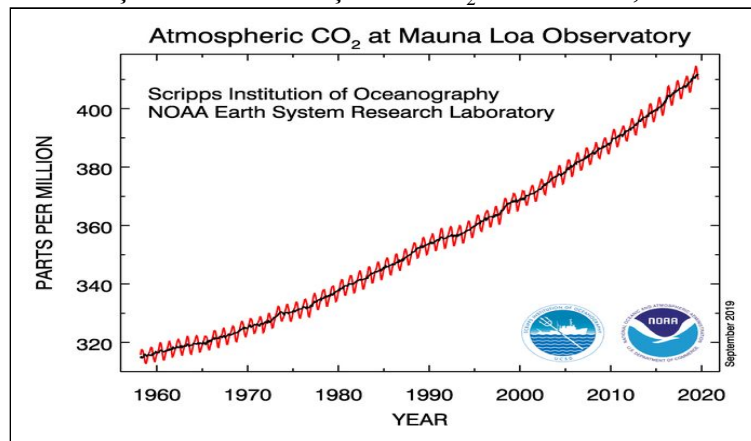
O crescimento exponencial da atividade humana desde a revolução industrial é fator importante nas mudanças ambientais ocorridas nos últimos séculos, contribuindo para o aumento da temperatura e modificações no sistema terrestre (POTT; ESTRELA, 2017). Em relação aos efeitos das ações antropogênicas, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) junto a comunidade científica afirmam que o homem tem grande influência no aquecimento do planeta (IPCC, 2013).

O Aquecimento Global (AG) é um fato climático de grande extensão causado por diversas razões. Dentre os fatores externos, estão as consequências das ações humanas, como a queima de combustíveis fósseis (gás natural, carvão mineral e, em especial, o petróleo), desmatamento, atividades agrícolas e pecuárias. Estas ações favorecem o efeito estufa, fenômeno natural que ocorre a milhões de anos, e mesmo sendo essencial para manutenção do clima e ecossistemas, está agravando o AG devido a elevação dos Gases do Efeito Estufa (GEE) na atmosfera (IPAM, 2008).

Os principais GEE são o Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido Nitroso (N_2O), gases fluorados, assim como o vapor d'água (KWEKU *et al.*, 2017). Esses gases têm a capacidade de reter o calor na atmosfera e transferi-lo para a superfície da Terra, aquecendo-a. A Terra por sua vez, emite radiação infravermelha de volta para o espaço, mas, quando há elevação dos GEE ocorre o impedimento da irradiação do calor para o espaço e a densa camada de gases presentes na atmosfera absorve-no e reflete novamente para a superfície terrestre, exacerbando o efeito estufa (IPAM, 2008).

Dentre os GEE, o CO_2 é o que mais contribui para a ocorrência do fenômeno. Em 2004, o CO_2 representou um total de 77% das emissões globais antropogênicas de GEE. (IPCC, 2007). Segundo o observatório de Mauna Loa, Havaí, em seu último relatório publicado em agosto de 2019, foram evidenciados níveis de CO_2 atmosférico atingindo 412 partes por milhão por volume (ppmv) (NOAA, 2019). As concentrações de CO_2 atmosférico aumentaram para níveis sem precedentes em milhares de anos. Porém ocorreu um aumento de 40% desde os tempos da pré revolução industrial, havendo previsões de que as concentrações de CO_2 cheguem a 570ppmv até o fim do século (IPCC, 2013; IPCC 2014).

Figura 1 - Evolução da concentração de CO₂ atmosférico, iniciado em 1958.



Fonte: *National Oceanic and Atmospheric Administration*, 2019.

A emissão massiva de GEE, em especial de CO₂, contribui para mudanças climáticas ocorridas nos últimos anos. Nos alimentos, especificamente os de origem vegetal, o CO₂ exerce papel como substrato para a realização da fotossíntese (KLUGE; TEZOTTO-ULIANA; SILVA, 2015), porém o acúmulo de CO₂ pode alterar a fisiologia de plantas, além de aumentar a temperatura do ar e reduzir a disponibilidade de água no solo, afetando o desenvolvimento do vegetal (PIMENTEL, 2011). A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) conclui que as mudanças climáticas e o AG causados pelos GEE afetam e afetarão culturas alimentares, colocando em risco a segurança alimentar da população mundial e a qualidade nutricional de alimentos ofertados (FAO, 2015).

Diante do exposto, o objetivo do atual estudo é verificar na literatura os efeitos da emissão em grandes quantidades de GEE, em especial a Elevação de CO₂ (eCO₂) e o seu impacto na qualidade e/ou composição nutricional dos alimentos de origem vegetal, assim como quais implicações o AG tem nesses alimentos.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão bibliográfica acerca de estudos sobre os efeitos da elevada emissão de GEE, focando no CO₂ e na qualidade nutricional dos alimentos de origem vegetal. Foram pesquisados nas bases de dados Pubmed, Biblioteca Virtual em Saúde e Scopus (ScienceDirect), utilizando a estratégia de busca: ((“Carbon dioxide” OR CO₂) AND elevated AND (quality OR composition) AND nutritional AND (food OR fruit OR

vegetable)), artigos em língua inglesa publicados de janeiro/2013 a agosto/2019. A ferramenta “artigos similares/relacionados” foi utilizada para auxiliar, agregando mais estudos ao trabalho.

Foram incluídos estudos que utilizaram a técnica experimental *Free-Air Carbon dioxide Enrichment* (FACE) para controle da emissão de CO₂ ambiente ou estudos realizados em campo aberto com emissão habitual, com análise nutricional quantitativa e qualitativa dos alimentos após exposição a técnica. Foram excluídos revisões bibliográficas e estudos que analisaram alimentos não pertencentes ao reino vegetal, além daqueles que não analisaram os efeitos exercidos da eCO₂ nos alimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a busca, leitura dos títulos e resumos e descarte de artigos, foram selecionados 8 estudos, abordando a eCO₂ em diversos alimentos, dentre eles: cenoura, rabanete, nabo, batata, pepino, grãos de trigo, ervilha, canola, soja e arroz.

Azam *et al.* (2013) analisaram o teor nutricional dos vegetais e observaram a diminuição significativa de -24,3%, -18,8% e -18,2% na concentração de Nitrogênio (N) na cultura de cenoura, rabanete e nabo, respectivamente, expostos eCO₂ de 1000ppmv, comparado aos expostos ao CO₂ ambiente (400ppmv). Além disso, Aminoácidos (AA) essenciais foram reduzidos pela eCO₂, assim como ácidos graxos essenciais. Micronutrientes, como Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Zinco (Zn), manganês e Ferro (Fe) também diminuíram pela eCO₂, bem como a vitamina C (ácido ascórbico) na(o) cenoura (-9,1%), rabanete (-12,9%) e nabo (-21,9%). Contudo, os vegetais apresentaram aumento no teor de açúcar e fibras, aumentados pelo alto nível de fotossíntese influenciada pela eCO₂, gerando mais Carboidratos (HC) no vegetal (AZAM *et al.*, 2013).

No estudo de Kumari e Agrawal (2014), além da eCO₂ os autores também analisaram os impactos da Elevação de Ozônio (eO₃) em um variedade de batata tropical, resultando na redução de proteínas e de AA e no aumento de amido somente pela eCO₂, bem como a redução de potássio, Mg, Zn, Fe e Ca, mostrando a influência negativa de eCO₂ e eO₃ na qualidade nutricional do tubérculo. A qualidade do pepino foi afetada pela eCO₂ de 800 e 1200ppmv no estudo de Dong *et al.* (2018), no qual os autores observaram o aumento de frutose e glicose, gerando acúmulo de HC no fruto e diminuição nas concentrações de proteína, Fe e Zn.

Os autores Soba *et al.* (2019) verificaram a eCO₂ (700ppmv) no grão de trigo e constataram a redução de N elementar, corroborando com as análises de Jin, Armstrong e Tang (2019) que expuseram os grãos a eCO₂ de 550ppmv apresentando os mesmos resultados. Ainda no estudo de Soba *et al.* (2019), houve redução de proteínas e AA, incluindo a glutamina, AA mais presente em grãos, bem como alteração na concentração de glúten, podendo afetar a qualidade e textura de produtos oriundos do trigo, como o macarrão exemplificado pelos autores (SOBA *et al.*, 2019). Jin, Armstrong e Tang (2019), além de verificarem a eCO₂ em trigo, analisaram também os grãos de canola e ervilha, nos quais as concentrações de N, fósforo, e Zn diminuíram -6%, -5% e -10% sob a eCO₂, respectivamente, independentemente do solo utilizado, reduzindo a qualidade desses grãos e sua cultura, assim como a disponibilidade de nutrientes quando aptos ao uso humano (JIN; ARMSTRONG; TANG, 2019).

Em relação aos grãos de soja, a eCO₂ diminuiu a concentração proteica e de AA, no entanto, aumentou a fração de ácidos graxos, como ácido oleico e linoleico, não havendo mudança significativa nos minerais (LI *et al.*, 2018). No estudo de Kohler *et al.* (2018), a soja foi exposta a eCO₂ de 600ppmv sob temperatura elevada (+ 2,7 °C no dia e + 3,4 °C à noite). Ao final de dois anos de experimento, os autores perceberam a redução significativa na concentração de Fe (-8,7 em 2014 e -7,7% em 2015) e de Zn (-8,9% apenas em 2015), mostrando a complexidade dos efeitos das mudanças climáticas na segurança alimentar e nutricional da soja (KOHLENER *et al.*, 2018).

O arroz é a principal fonte alimentar para mais de 2 bilhões de pessoas, segundo o estudo asiático conduzido por Zhu *et al.* (2018) com 18 variedades de grãos de arroz com FACE variando entre 568 a 590ppmv. Os autores constataram redução média proteica de -10,3% em todas as variedades de grão de arroz e diminuição significativa dos minerais Fe e Zn (-8,0 e -5,1%, respectivamente). Vitaminas que continham N em sua composição, como as do complexo B, diminuíram, enquanto a Vitamina E (alfa tocoferol), composta por carbono, aumentou (ZHU *et al.*, 2018).

A eCO₂ não afeta somente a alimentação de seres humanos, mas também a de insetos. Ziska *et al.* (2016) utilizaram centenas de amostras de Tango (*Solidago canadensis*) coletadas nos Estados Unidos e no sul do Canadá no período de 1842 a 2014 (concentração de CO₂ estimado aproximadamente 280-500ppmv). Os dados históricos indicaram uma forte correlação entre o aumento de CO₂ com a redução na concentração de proteína no pólen das

flores de Tango, podendo interferir na saúde das abelhas norte-americanas, insetos que auxiliam no equilíbrio de ecossistemas, polinizando e propiciando o desenvolvimento de vegetais, incluindo os de consumo humano (ZISKA *et al.*, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elevada emissão de CO₂ afeta a composição nutricional de alimentos de diversos grupos, a redução de N, proteínas e AA e o aumento de nutrientes compostos por carbono, como HC (incluindo frutose e glicose) foram observados nos estudos e, embora os resultados mais expressivos sejam de macronutrientes, as vitaminas e minerais são afetados igualmente a eCO₂, principalmente Fe e Zn, podendo agravar déficits nutricionais e alterar a qualidade de alimentos ofertados à população, colocando-a em maior risco nutricional.

As mudanças climáticas interferem no cotidiano humano. Portanto, atualmente, pesquisas sobre os fatores associados são de extrema importância, incluindo estudos sobre alimentos, visando diversos territórios, dentre eles, o brasileiro, visto que, a economia do Brasil é oriunda em parte da agropecuária e indústria, setores que favorecem o efeito estufa, conseqüentemente o AG, bem como a grande prevalência de desmatamento, outro fator contribuinte, e que, juntos, promovem a eCO₂ (além de CH₄ e N₂O), existindo a possibilidade de afetar cultivos nacionais e gerar insegurança alimentar e nutricional na população brasileira.

REFERÊNCIAS

AZAM, A. *et al.* Yield, chemical composition and nutritional quality responses of carrot, radish and turnip to elevated atmospheric carbon dioxide. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 13, p. 3237-3244, 2013.

DONG, J. *et al.* Elevated and super-elevated CO₂ differ in their interactive effects with nitrogen availability on fruit yield and quality of cucumber. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 12, p. 4509-4516, 2018.

Food Agriculture Organization of the United Nations - FAO. **Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade**. 2015, 356 p.

Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia - IPAM. **Perguntas e respostas sobre aquecimento global**. Belém, 2008, 53p.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. **Climate Change 2007: Mitigation**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental

Panel on Climate Change. Cambridge & Nova York, 2007, 1535 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge & Nova York, 2013, 863 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, 2014, 151 p.

JIN, J.; ARMSTRONG, R.; TANG, C. Impact of elevated CO₂ on grain nutrient concentration varies with crops and soils – A long-term FACE study. **Science of The Total Environment**, v. 651, [s. n.], p. 2641-2647, 2019.

KLUGE, R. A.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; SILVA, P. P. M. Aspectos Fisiológicos e Ambientais da Fotossíntese. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 56-73, 2015.

KÖHLER, I. H. *et al.* Increased temperatures may safeguard the nutritional quality of crops under future elevated CO₂ concentrations. **The Plant Journal**, v. 97, n. 5, p. 872-886, 2018.

KUMARI, S.; AGRAWAL, M. Growth, yield and quality attributes of a tropical potato variety (*Solanum tuberosum* L. cv Kufri chandramukhi) under ambient and elevated carbon dioxide and ozone and their interactions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 101, [s. n.], p. 146-156, 2014.

KWEKU, D. W. *et al.* Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming. **Journal Of Scientific Research And Reports**, v. 17, n. 6, p. 1-9, 2017.

LI, Y. *et al.* Impact of Elevated CO₂ on Seed Quality of Soybean at the Fresh Edible and Mature Stages. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, [s. n.], p. 1-32, 2018.

National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA. **Earth System Research Laboratory**. Global Monitoring Division. Global Greenhouse Gas Reference Network. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. Disponível em <www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>. Acesso em 3 de setembro de 2019.

PIMENTEL, C. Metabolismo de carbono de plantas cultivadas e o aumento de CO₂ e de O₃ atmosférico: situação e previsões. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 1-12, 2011.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017.

SOBA, D. *et al.* Metabolic Effects of Elevated CO₂ on Wheat Grain Development and Composition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 31, p. 8441-8451, 2019.

ZHU, C. *et al.* Carbon dioxide (CO₂) levels this century will alter the protein, micronutrients, and vitamin content of rice grains with potential health consequences for the poorest

rice-dependent countries. **Science Advances**, v. 4, n. 5, p. 1-8, 2018.

ZISKA, L. H., *et al.* Rising atmospheric CO₂ is reducing the protein concentration of a floral pollen source essential for North American bees. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 283, n. 1828, p. 1-7, 2016.