



## Análise do Impacto Ambiental das Refeições Escolares no Litoral da Paraíba: Uma Avaliação das Pegadas de Carbono, Hídrica e Ecológica

Theo Meira de Farias<sup>1</sup> ; Giovanna Carolina Weizel Lacouth<sup>1</sup> ; Jéssica Bezerra dos Santos Rodrigues<sup>2</sup> ; Ingrid Conceição Dantas Gonçalves<sup>1</sup> ; Noádia Priscila Araújo Rodrigues<sup>1\*</sup> 

**Introdução:** Os sistemas alimentares são um dos principais contribuintes para os impactos ambientais globais, incluindo emissões de gases de efeito estufa, uso excessivo de água e degradação do solo. **Objetivo:** Diante desse cenário, o objetivo deste estudo foi analisar o impacto ambiental dos alimentos servidos em refeições escolares de escolas públicas de municípios do litoral da Paraíba, Brasil, utilizando indicadores de sustentabilidade como as pegadas de carbono, hídrica e ecológica. **Métodos:** A pesquisa foi baseada em dados secundários presentes nos processos licitatórios de aquisição de alimentos do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) de 2022, e focou na quantificação dos impactos *per capita* associados aos alimentos adquiridos para as refeições escolares. **Resultados:** Os resultados indicaram que os grupos alimentares "Carnes e Vísceras" e "Aves e Ovos" apresentaram os maiores impactos ambientais, com os maiores valores nas pegadas de carbono, hídrica e ecológica. Em contraste, alimentos de origem vegetal, como leguminosas, cereais e hortaliças, demonstraram menor impacto. **Discussão:** Dessa forma, os resultados sugerem que restringir o consumo de carnes e alimentos processados, aliada ao aumento de opções vegetais e minimamente processadas, pode reduzir significativamente o impacto ambiental das refeições escolares ao mesmo tempo que contribui para a segurança alimentar e nutricional dos estudantes. **Conclusão:** Portanto, adotar práticas alimentares mais sustentáveis, alinhadas às diretrizes do PNAE na elaboração dos cardápios, é essencial para promover a saúde dos estudantes e a preservação ambiental, e aprimorar políticas públicas de alimentação e nutrição, contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Indicadores de sustentabilidade; Alimentação escolar.

---

<sup>1</sup> Departamento de Gastronomia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil. \*Endereço para correspondência: *E-mail:* noadia@ctdr.ufpb.br.

<sup>2</sup> Faculdade Maurício de Nassau, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

# Analysis of the Environmental Impact of School Meals on the Coast of Paraíba: An Assessment of Carbon, Water, and Ecological Footprints

**Introduction:** Food systems are one of the main contributors to global environmental impacts, including greenhouse gas emissions, excessive water use, and soil degradation. **Objective:** Given this scenario, the objective of this study was to analyze the environmental impact of foods served in school meals in public schools in municipalities along the coast of Paraíba, Brazil, using sustainability indicators such as carbon, water, and ecological footprints. **Methods:** The research was based on secondary data from the bidding processes for food procurement under the National School Feeding Program (PNAE) in 2022, and focused on quantifying the *per capita* impacts associated with the foods purchased for school meals. **Results:** The results indicated that the food groups "Meat and Offal" and "Poultry and Eggs" had the highest environmental impacts, with the largest values in carbon, water, and ecological footprints. In contrast, plant-based foods, such as legumes, cereals, and vegetables, showed lower impacts. **Discussion:** Thus, the results suggest that reducing the consumption of meat and processed foods, along with increasing plant-based and minimally processed options, could significantly reduce the environmental impact of school meals while contributing to the food and nutritional security of students. **Conclusion:** Therefore, adopting more sustainable dietary practices, aligned with PNAE guidelines in menu planning, is essential to promote student health and environmental preservation, and to enhance public food and nutrition policies, contributing to the Sustainable Development Goals (SDGs).

**Keywords:** Sustainability; Sustainability indicators; School meals.

Submetido em: 21/06/2024

Aceito em: 25/02/2025

## 1. INTRODUÇÃO

No cenário atual, marcado pela utilização excessiva dos recursos naturais, torna-se evidente a emergência de problemas ambientais graves, como as mudanças climáticas, a poluição do ar, o uso insustentável da água e a degradação do solo<sup>1</sup>. Nesse contexto, a indústria alimentícia emerge como um dos principais responsáveis, contribuindo com cerca de 30% das emissões de gases de efeito estufa, mais de 80% do desmatamento e até 70% do consumo de água doce relacionado às atividades humanas<sup>2</sup>.

Com a introdução de novas tecnologias na agricultura e o crescimento das demandas alimentares, os sistemas alimentares modernos têm exercido uma pressão crescente sobre os ecossistemas e a saúde humana. Ao mesmo tempo, dietas consideradas não saudáveis são apontadas como o principal fator de risco para as Doenças Não Transmissíveis (DNTs) em escala global<sup>3,4,5</sup>, enquanto as cadeias de suprimentos de alimentos são

identificadas como uma das principais ameaças ambientais<sup>6</sup>.

Diante desse panorama, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, estabelecida durante a 70ª Assembleia Geral das Nações Unidas em 2015, emerge como uma ferramenta fundamental na prevenção da degradação ambiental. Essa agenda, materializada nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas 169 metas, busca equilibrar os pilares econômicos, sociais e ambientais para promover a sustentabilidade global<sup>6,7</sup>.

O Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) é um dos programas de política alimentar mais antigos do Brasil. Ao longo dos anos, o PNAE ampliou seu escopo para incluir o desenvolvimento sustentável, de acordo com as diretrizes do Guia Alimentar para a População Brasileira<sup>8</sup>. Como parte desse compromisso, o PNAE estipula que pelo menos 30% dos recursos financeiros devem ser destinados à compra de produtos alimentícios provenientes da agricultura

familiar e de comunidades indígenas e quilombolas<sup>9,10,11,12</sup>.

No âmbito da nutrição e da alimentação escolar, é essencial avaliar o impacto ambiental das refeições servidas nas escolas. Indicadores de sustentabilidade, como as pegadas de carbono, hídrica e ecológica, fornecem uma abordagem quantitativa para essa análise. Esses indicadores são cruciais para entender o ciclo de vida dos alimentos, desde a produção até o consumo, e para identificar oportunidades de redução de impactos ambientais<sup>13</sup>.

A avaliação do impacto ambiental das refeições escolares no litoral da Paraíba é fundamental não apenas para compreender os desafios ambientais enfrentados, mas também para desenvolver estratégias e políticas alimentares mais sustentáveis. Nesse contexto, o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) desempenha um papel crucial, pois não apenas garante a segurança alimentar das crianças, mas também pode ser um vetor de mudança para práticas alimentares mais saudáveis e ecologicamente responsáveis<sup>12</sup>.

Este estudo tem como objetivo avaliar o impacto ambiental das refeições escolares das escolas públicas municipais de ensino fundamental de municípios do litoral paraibano.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Coleta de dados

Esta pesquisa consiste em um estudo observacional transversal, descritivo, quali-quantitativo, e utiliza dados secundários obtidos a partir dos processos licitatórios de aquisição de alimentos para as refeições escolares durante o ano letivo de 2022, em municípios litorâneos do nordeste do Brasil. Os dados foram coletados por meio dos editais de licitação do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), preparados pelo gestor técnico de acordo com as recomendações do Ministério da Educação para os 200 dias letivos<sup>9,12</sup>.

Os municípios incluídos na análise foram selecionados utilizando o método de amostragem por conglomerados, que é um método probabilístico de divisão da população em grupos considerando sua

localização geográfica<sup>14,15</sup>. Portanto, quatro municípios do estado da Paraíba, localizados na costa nordeste do Brasil (Cabedelo, Mamanguape, Conde e Pitimbu), foram selecionados.

Os editais de licitação foram obtidos por meio do Portal da Transparência disponível nos *sites* oficiais de cada município.

Uma vez que essas listas consistem nos itens a serem adquiridos ao longo do ano para as refeições servidas ao número total de alunos atendidos pelo PNAE nos municípios, foram definidos valores diários *per capita* para os insumos presentes nas listas. Estes foram obtidos por meio da razão entre a quantidade total solicitada para cada insumo e o número total de dias letivos e, posteriormente, pelo número de alunos atendidos<sup>16</sup>. As informações sobre o número de alunos foram obtidas do censo escolar de cada município<sup>9,12,17</sup>.

### 2.2. Avaliação do impacto ambiental

A avaliação do impacto ambiental foi realizada com base em três indicadores ambientais de sustentabilidade, recomendados pela Organização das Nações Unidas (ONU) e *World Wide Fund (WWF)*, que podem ser utilizados para medir o impacto ambiental do ciclo de vida dos alimentos: as pegadas de carbono, hídrica e ecológica<sup>6,13,16,18,19</sup>.

A quantificação das emissões de gases de efeito estufa associadas à produção de alimentos foi realizada por meio da Pegada de Carbono (PC). Os valores da PC foram obtidos por meio da multiplicação de cada item alimentar *per capita* pelo seu coeficiente específico. O coeficiente multiplicador é estabelecido por Garzillo *et al.* (2019)<sup>13</sup> e seu resultado, expresso em massa de CO<sub>2</sub> equivalente (kg CO<sub>2</sub> eq), sugere que valores mais baixos geram menor impacto ambiental. Esse método segue as diretrizes estabelecidas pela ONU (2015)<sup>6</sup>, Garzillo *et al.* (2019)<sup>13,20,21</sup> e *WWF* (2020)<sup>19</sup>.

No mesmo sentido, a Pegada Hídrica (PH) foi calculada multiplicando o valor *per capita* pelo coeficiente preconizado por Garzillo *et al.* (2019)<sup>13</sup> e seu resultado representa a quantidade total de água doce utilizada direta ou indiretamente ao longo do ciclo de vida do ingrediente alimentar, expressa em

litros (L). Essa metodologia segue os padrões estabelecidos pela ONU (2015)<sup>6</sup>, Garzillo *et al.* (2019)<sup>13,20,21</sup> e *WWF* (2020)<sup>19</sup>.

Por fim, a avaliação da Pegada Ecológica (PE) foi realizada multiplicando o valor *per capita* pelo coeficiente de pegada ecológica, que avalia o uso de recursos renováveis e a assimilação de carbono, comparando-os com os ativos ecológicos do planeta (capacidade biológica), expressa em unidades de área global ( $\text{g}\cdot\text{m}^2$ ) necessárias para regenerar os recursos usados durante o ciclo de vida do produto. Essa abordagem segue as orientações da ONU (2015)<sup>6</sup>, Garzillo *et al.* (2019)<sup>13,20,21</sup> e *WWF* (2020)<sup>19</sup>.

Neste estudo, apenas alimentos *in natura* foram considerados, antes de passarem pelo processo de "preparo e consumo". Considerando que partes descartadas geram um efeito associado à parte comestível, que deve ser incorporado na estimativa, foi utilizada a quantidade bruta de ingredientes para calcular os indicadores ambientais<sup>13</sup>. Para esse cálculo, foram utilizados os dados de referência dos coeficientes dos indicadores presentes em "Pegadas de Alimentos e Preparações Culinárias Consumidos no Brasil" da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, publicado em 2019<sup>13,20,21</sup>.

### 2.3. Análise dos dados

Os dados foram segmentados por grupos alimentares conforme a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística<sup>22</sup>. Sendo eles, Açúcares e Produtos de Confeitaria; Aves e Ovos; Carnes e Vísceras; Carnes Industrializadas; Cereais; Enlatados e Conservas; Farináceos e Massas; Frutas; Hortaliças; Hortaliças Tuberosas; Laticínios; Leguminosas; Óleos e Gorduras; Panificados; Pescados e Frutos do Mar; Sais e Condimentos<sup>22</sup>.

Os resultados foram expressos por meio de estatísticas descritivas adequadas para dados não paramétricos (incluindo valores mínimos e máximos). Em seguida, os dados foram submetidos a uma análise de Componentes Principais mistos (PCA mix) para identificar padrões e relações entre os indicadores ambientais e os diferentes grupos alimentares. A técnica de PCA mix combina variáveis quantitativas e qualitativas em uma única análise,

possibilitando uma visão mais abrangente do impacto ambiental das refeições escolares nos municípios do litoral da Paraíba.

As análises estatísticas foram conduzidas utilizando o *software RStudio*.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta pesquisa, na análise do impacto ambiental dos grupos alimentares nos cardápios escolares, observou-se que os grupos "Carnes e Vísceras" e "Aves e Ovos" apresentaram os maiores impactos ambientais em todas as categorias de pegadas (carbono, hídrica ou ecológica), considerando que, quanto maior for o valor das pegadas, maior será o impacto no meio ambiente, e vice-versa.

Especificamente, "Carnes e Vísceras" (Tabela 1) mostrou uma pegada de carbono que variou de 32,62 a 1299,30 kg CO<sub>2</sub> eq, uma pegada hídrica de 4,49 a 874,78 L e uma pegada ecológica de 0,26 a 5,42 m<sup>2</sup>. O grupo "Aves e Ovos", obteve valores de Pegada de Carbono de 41,85 a 193,27 kg CO<sub>2</sub> eq, de Pegada Hídrica de 38,23 a 260,41 L, e de Pegada Ecológica de 0,26 a 1,54 g·m<sup>2</sup>. Esses resultados indicam que a produção e o consumo de carnes geram uma demanda significativa sobre os recursos naturais e têm um impacto negativo considerável sobre a sustentabilidade ambiental.

Por outro lado, os três grupos de alimentos de origem vegetal que geram menor impacto ambiental foram as leguminosas, que apresentam conteúdo protéico semelhante aos grupos já mencionados<sup>23,24</sup>, e obtiveram valores de pegadas que variaram de 0,99 a 7,00 kg CO<sub>2</sub> eq para a Pegada de Carbono, de 1,53 a 28,11 L para a Pegada Hídrica e de 0,005 a 0,08 g·m<sup>2</sup> para a Pegada Ecológica.

Bem como o grupo "Hortaliças Tuberosas", que teve uma faixa de valores de 0,37 a 4,84 kg CO<sub>2</sub> eq para a Pegada de Carbono, de 2,72 a 23,57 L para a Pegada Hídrica, e de 0,002 a 0,16 g·m<sup>2</sup> para a Pegada Ecológica. E o grupo "Cereais" também apresentou um baixo impacto ambiental, com valores variando de 2,90 a 41,53 kg CO<sub>2</sub> eq para a Pegada de Carbono, de 7,76 a 63,87 L para a Pegada

Hídrica, e de 0,04 a 0,21 g-m<sup>2</sup> para a Pegada Ecológica (Tabela 1).

**Tabela 1.** Apresenta os valores mínimos e máximos *per capita* para cada indicador de sustentabilidade (PC, PH e PE) para cada grupo de alimentos.

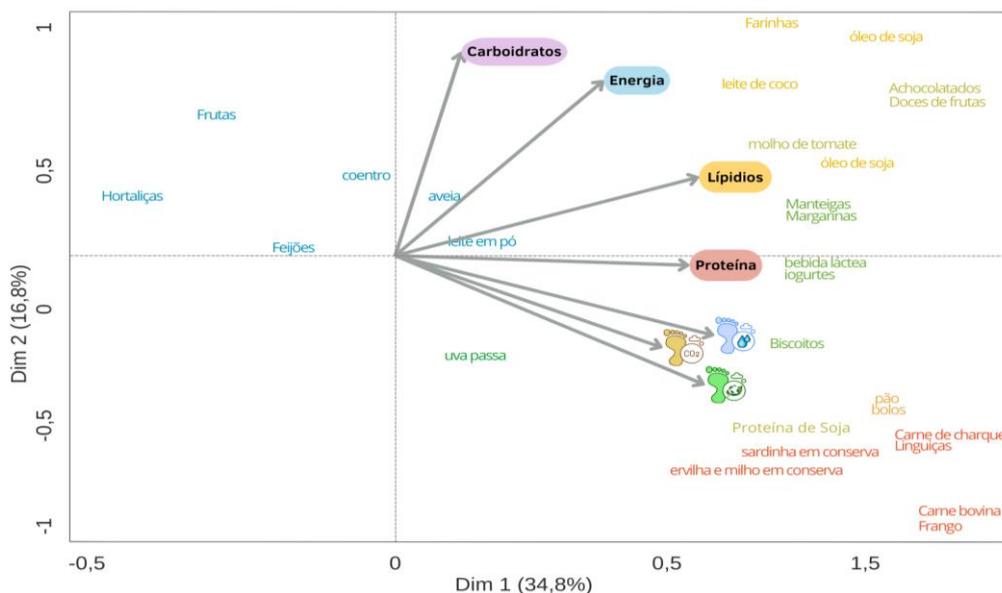
Grupo de Alimentos	Pegada de Carbono (kg CO <sub>2</sub> eq)	Pegada Hídrica (L)	Pegada Ecológica (g-m <sup>2</sup> )
Açúcares e Produtos de Confeitaria	0,12 - 22,85	0,05 - 19,35	0,0001 - 0,11
Aves e Ovos	41,85 - 193,27	38,23 - 260,41	0,26 - 1,54
Carnes e Vísceras	32,62 - 1299,30	4,49 - 874,78	0,26 - 5,42
Carnes Industrializadas	41,28 - 173,63	36,31 - 162,79	0,12 - 0,15
Cereais	2,90 - 41,53	7,76 - 63,87	0,04 - 0,21
Enlatados e Conservas	1,05 - 22,40	0,76 - 81,93	0,003 - 0,33
Farináceos e Massas	0,11 - 45,95	0,12 - 79,27	0,0007 - 0,37
Frutas	0,44 - 75,40	1,51 - 203,65	0,003 - 0,28
Hortaliças	0,02 - 12,37	0,13 - 8,60	0,0001 - 0,02
Hortaliças Tuberosas	0,37 - 4,84	2,72 - 23,57	0,002 - 0,16
Laticínios	0,006 - 137,36	0,03 - 60,08	0,0004 - 0,51
Leguminosas	0,99 - 7,00	1,53 - 28,11	0,005 - 0,08
Óleos e Gorduras	1,93 - 16,61	1,63 - 40,92	0,08 - 0,36
Panificados	9,57 - 43,73	8,39 - 107,68	0,05 - 0,34
Pescados e Frutos do Mar	21,25 - 22,46	0,00 - 0,00	0,97 - 1,88
Sais e Condimentos	1,20 - 5,38	1,50 - 6,43	0,005 - 0,06

Fonte: dos autores.

Ao correlacionar os 93 alimentos aos indicadores de sustentabilidade e composição nutricional por meio da Análise de Componentes Principais, apresentada na Figura 1, os resultados revelam que, embora os grupos de "Carnes e Vísceras" e "Aves e Ovos" tenham exercido maior influência no impacto ambiental, os ovos do grupo "Aves e Ovos" não demonstraram uma contribuição

significativa para esses resultados. Além disso, sardinha, milho e ervilha em conserva, do grupo "Enlatados e Conservas", bem como carne de charque e linguiças do grupo "Carnes Industrializadas" utilizados na alimentação escolar, apresentaram um impacto ambiental semelhante ao observado nos alimentos dos grupos de "Carnes e Vísceras" e "Aves e Ovos".

**Figura 1.** Análise de Componentes Principais misto (PCA *mix*) contendo os dados de composição nutricional, indicadores de sustentabilidade por alimentos utilizados na alimentação escolar dos municípios do litoral paraibano.



Fonte: dos autores.

Apesar de a proteína de soja pertencer ao grupo das leguminosas, que tiveram menor impacto ambiental, este alimento está entre aqueles que mais impactaram o ambiente. Assim como os queijos, requeijão, creme de leite do grupo "Laticínios", pães, biscoitos e bolos do grupo "Panificados" adquiridos prontos para o consumo, os quais são classificados como alimentos processados e ultraprocessados, segundo a classificação NOVA (Figura 1).

Além disso, a figura apresenta que bebidas lácteas e iogurtes, assim como leite em pó, são fontes de proteínas que geram menos impacto ambiental do que outros "laticínios".

Esses achados ressaltam a importância de uma abordagem mais abrangente e sistemática para compreender as diferentes fontes de impacto ambiental na alimentação escolar. Essa compreensão mais ampla é essencial para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes que promovam não apenas uma alimentação saudável, mas também a sustentabilidade ambiental na escola.

O setor agropecuário exerce impacto considerável no meio ambiente, representando 92% da pegada hídrica, sendo 30% relacionados à produção de carne e derivados<sup>25</sup>. A produção de carne vermelha também influencia de forma expressiva as emissões de gases de efeito estufa. Para ilustrar, a fabricação de 1 kg de carne bovina

demanda cerca de 20 mil litros de água e emite aproximadamente 3,7 kg de CO<sub>2</sub><sup>26</sup>.

Na China, foi observado que os produtos de origem animal são responsáveis por 30% das emissões de gases de efeito estufa, 44% da utilização dos recursos hídricos e 27% da pegada ecológica relacionados à dieta<sup>27</sup>. Já na Índia, onde o consumo de carne vermelha é baixo, os produtos lácteos desempenham um papel significativo como contribuintes para as emissões de gases de efeito estufa, pegada hídrica e pegada ecológica<sup>28</sup>.

Além disso, estudos que avaliaram o impacto ambiental de diferentes fontes de proteína, tanto de origem animal quanto vegetal, revelaram resultados significativos. Para produzir 1 kg de proteína a partir de feijão, por exemplo, são necessários aproximadamente 18 vezes menos terra, 10 vezes menos água, nove vezes menos combustível, 12 vezes menos fertilizantes e 10 vezes menos pesticidas em comparação com a produção de 1 kg de proteína da carne bovina. Esses dados ilustram claramente os benefícios ambientais de optar por fontes de proteína vegetal em detrimento das de origem animal<sup>29</sup>.

Em um estudo realizado em uma escola em Niterói, Rio de Janeiro, que adotou o "Dia da Alimentação Consciente" (AC), durante o qual nenhum alimento de origem animal foi servido. Os resultados demonstraram que o cardápio diário do AC reduziu significativamente em 76% as emissões de gases de efeito estufa, 68,5% a pegada hídrica e 71,9% a pegada ecológica em comparação com os cardápios que incluíam produtos de origem animal<sup>10</sup>.

Além disso, um estudo adicional analisou a pegada de carbono das refeições escolares na Itália e descobriu que as refeições contendo carne, peixe e produtos lácteos foram os principais contribuintes para as emissões de gases de efeito estufa. No entanto, pratos com carne vermelha foram identificados como tendo um impacto ambiental ainda maior em comparação com outros alimentos de origem animal<sup>30</sup>.

A produção pecuária é apontada como uma das principais fontes de emissão de gases de efeito estufa, superando até mesmo os meios de transporte

em termos de poluentes liberados. Por esse motivo, várias instituições recomendam a diminuição do consumo de carnes vermelhas como uma estratégia para mitigar esses impactos ambientais<sup>26</sup>. Paralelamente, pesquisas destacam que o consumo excessivo de carne bovina, assim como alimentos processados e ultraprocessados, eleva a ingestão de nutrientes como gordura saturada e sódio, que, em quantidades elevadas, estão associados ao desenvolvimento de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT)<sup>31,32</sup>.

Vale ressaltar que, de acordo com as diretrizes da legislação vigente do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), não é recomendada a aquisição de alimentos processados e ultraprocessados devido à sua associação com as DCNT<sup>33</sup>.

Em muitos países, a disponibilidade de alimentos processados e ultraprocessados está em crescimento<sup>34</sup>. A associação desses produtos à agricultura intensiva, resultante da combinação do aumento do consumo global e da aquisição de ingredientes de baixo custo, representa uma ameaça à vários aspectos da sustentabilidade do sistema alimentar. Portanto, restringir a ingestão calórica desses alimentos torna-se uma tática para regular os impactos ambientais dos padrões alimentares<sup>35</sup>. Por exemplo, de acordo com Hendrie *et al.* (2016)<sup>36</sup>, as emissões de gases de efeito estufa podem ser reduzidas em 25% ajustando uma dieta hipercalórica a uma dieta normocalórica, restringindo alimentos não essenciais, como produtos ultraprocessados.

Esses estudos preliminares e em curso deixam claro que os sistemas alimentares atuais estão intimamente ligados às emissões de gases com efeito de estufa (GEE), ao uso excessivo de recursos naturais como a água (pegada hídrica) e a terra (pegada ecológica) e, conseqüentemente, são uma das causas das alterações climáticas. Esses aspectos negativos são causados por práticas agrícolas e sistemas de produção de alimentos insustentáveis<sup>13,20,21,37</sup>.

O Guia Alimentar para a População Brasileira, no qual as diretrizes do PNAE se baseiam, aborda o tema da sustentabilidade alimentar e ambiental, incentivando a escolha de alimentos *in*

*natura* ou minimamente processados, o uso integral dos alimentos, bem como uma grande variedade de produtos vegetais como base da dieta, favorecendo aqueles com sistemas de produção e distribuição social e ambientalmente responsáveis<sup>8</sup>.

Dessa forma, em resumo, os resultados desta pesquisa ressaltam a importância de considerar o impacto ambiental dos alimentos na formulação de cardápios escolares e destacam a necessidade de promover opções alimentares mais sustentáveis, como o aumento do consumo de feijões, ovos, tubérculos e outras hortaliças e a redução do consumo de carnes vermelhas e alimentos processados e ultraprocessados. Essas medidas podem contribuir significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa, uso mais eficiente dos recursos hídricos e minimização da pegada ecológica associada à alimentação escolar.

## 5. CONCLUSÃO

A análise dos indicadores de sustentabilidade ambiental neste estudo revela a importância de adoção de práticas alimentares mais sustentáveis para reduzir o impacto ambiental gerado pelo consumo de alimentos de origem animal e os processados e ultraprocessados. A utilização de alimentos *in natura* e minimamente processados, especialmente aqueles que fazem parte da biodiversidade local conforme recomendado pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), é fundamental nesse contexto.

Os resultados destacam ainda a relevância de incluir fontes alternativas de proteínas, como feijões, tubérculos, bebidas lácteas, iogurtes e leites, reduzindo a monotonia do consumo de carnes bovinas e frango como única fonte de proteína nos cardápios da alimentação escolar. Essas escolhas não apenas promovem uma dieta mais saudável e diversificada para os estudantes, mas também contribuem significativamente para a sustentabilidade ambiental.

Portanto, incentivar o consumo de alimentos locais, diversificados e menos processados é uma estratégia eficaz para tornar a alimentação escolar mais sustentável, alinhada com as diretrizes do PNAE e com os objetivos de preservação

ambiental e promoção da saúde. Essas medidas não só beneficiam o meio ambiente, mas também têm um impacto positivo na saúde e no bem-estar dos estudantes e de toda a comunidade escolar.

## FINANCIAMENTO

Nada a declarar.

## CONFLITOS DE INTERESSE

Nada a declarar.

## FUNÇÕES DOS AUTORES

Farias, T. M. realizou coleta de dados, escrita do artigo e revisão do manuscrito.

Lacouth, G. C. W. realizou coleta de dados, escrita do artigo e revisão do manuscrito.

Rodrigues, J. B. S. realizou escrita do artigo e revisão do manuscrito.

Gonçalves, I. C. D. realizou escrita do artigo e revisão do manuscrito.

Rodrigues, N. P. A. realizou análise e interpretação de dados, escrita do artigo e revisão do manuscrito.

## REFERÊNCIAS

- 1- World Health Organization. Sustainable healthy diets: guiding principles [Internet]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2019 [cited 2025 Apr 17]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516648>.
- 2- Mota EBF, Bezerra IWL, Seabra LMJ, Silva GCB, Rolim PM. Methodology for sustainable menu assessment in food service operations. *Holos* [Internet]. 2017;4:381–394. Available from: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/5428> DOI: <http://doi.org/10.15628/holos.2017.5428>.
- 3- Balsan R. Impacts arising from the modernization of Brazilian agriculture. *Rev Campo Territ*. 2006;1(2):123–151. Available from: <https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/11787> DOI: <http://doi.org/10.14393/RCT1211787>.

- 4- Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* [Internet]. 2019;393(10170):447–492. Available from: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(18\)31788-4/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(18)31788-4/abstract) DOI: [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4).
- 5- Swinburn BA, Kraak VI, Allender S, Atkins VJ, Brownell KD, Lee M, et al. The global syndemic of obesity, undernutrition, and climate change: the Lancet Commission report. *Lancet* [Internet]. 2019;393(10173):791–846. Available from: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(18\)32822-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(18)32822-8/fulltext) DOI: [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32822-8](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32822-8).
- 6- United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development [Internet]. New York: United Nations; 2015 [cited 2025 Apr 17]. Available from: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>.
- 7- Burigo AC, Porto MF. Agenda 2030, health and food systems in times of syndemic: from vulnerability to necessary transformation. *Cienc Saude Coletiva* [Internet]. 2021;26(10):4411–4424. Available from: <https://www.scielo.br/j/csc/a/p36TMkBKMZqnxkD7WXcfbxx/?lang=pt> DOI: <http://doi.org/10.1590/1413-812320212610.13482021>.
- 8- Brazil. Ministry of Health. Dietary guidelines for the Brazilian population [Internet]. 2nd ed. Brasília: Ministry of Health; 2014 [cited 2025 Apr 17]. Available from: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia\\_alimentar\\_populacao\\_brasileira\\_2ed.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf).
- 9- Brazil. Ministry of Education; National Fund for Education Development. Resolution No 6, 8 May 2020 [Internet]. Official Gazette of the Union. 2020 May 8;Section 1:38–44. [cited 2025 Apr 17]. Available from: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/acao-a-informacao/legislacao/resolucoes/2020/resolucao-no-6-de-08-de-maio-de-2020/view>.
- 10- Cordeiro ACDMF, Dias PC, Ferreira DM, Barbosa RMS, Soares DDSB. Nutritional quality and environmental sustainability of menus with different protein sources in school feeding in Niterói (RJ), Brazil. *Rev Bras Educ Ambient* [Internet]. 2021;16(3):330–346. Available from: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/11442> DOI: <http://doi.org/10.34024/revbea.2021.v16.11442>.
- 11- Nascimento RC, Santos CAB, Silva MOR, Lima MAG, Sá URN. The principle of sustainability in the school meal law. *Ouricuri J* [Internet]. 2018;8(1):11–22. Available from: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri/article/view/5345> DOI: <http://doi.org/10.29327/ouricuri.v8.i1.a2>.
- 12- Brazil. Ministry of Education; National Fund for Education Development. Law nº 11.947, 16 June 2009 [Internet]. Official Gazette of the Union. 2009 Jun 16. [cited 2025 Apr 17]. Available from: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/11947.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/11947.htm).
- 13- Garzillo JMF, Machado PP, Louzada MLDC, Levy RB, Monteiro CA. Footprints of foods and culinary preparations consumed in Brazil. São Paulo: University of São Paulo; 2019.
- 14- Bussab WO, Morettin PA. Basic statistics. São Paulo: Editora Saraiva; 2002.
- 15- Magalhães MN, Lima ACP. Notions of probability and statistics. Vol 5. São Paulo: University of São Paulo Press; 2002.
- 16- Silva JT, Garzillo JMF, Rauber F, Kluczkovski A, Rivera XS, da Cruz GL, et al. Greenhouse gas emissions, water footprint, and ecological footprint of food purchases according to degree of processing in Brazilian metropolitan areas: a time-series study from 1987 to 2018. *Lancet Planet Health* [Internet]. 2021;5(11):e775–e785. Available from: [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(21\)00254-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(21)00254-0/fulltext) DOI: [http://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00254-0](http://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00254-0).
- 17- Brazil. National Institute for Educational Studies and Research Anísio Teixeira (INEP). Technical summary: basic education school census [Internet]. Brasília: INEP; 2022 [cited 2025 Apr 17]. Available from: [https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucional/estatisticas\\_e\\_indicadores/resumo\\_tecnico\\_censo\\_escolar\\_2022.pdf](https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucional/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_escolar_2022.pdf).
- 18- Galli A, Wiedmann T, Ercein E, Knoblauch D, Ewing B, Giljum S. Integrating ecological, carbon and water footprint into a “footprint family” of indicators: definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecol Indic* [Internet]. 2012;16:100–112. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X11001889?via%3Dihub> DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.017>.
- 19- World Wide Fund for Nature. Bending the Curve: the restorative power of planet-based diets [Internet]. Gland: WWF International; 2020 [cited 2025 Apr 17].

- Available from: [https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/bending\\_the\\_curve\\_the\\_restorative\\_power\\_of\\_planet\\_based\\_diets\\_full\\_report\\_final\\_pdf.pdf](https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/bending_the_curve_the_restorative_power_of_planet_based_diets_full_report_final_pdf.pdf).
- 20- Garzillo JMF. Food and its environmental impacts: approaches in national dietary guidelines and study of the Brazilian diet [doctoral thesis]. São Paulo: University of São Paulo; 2019. Available from: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6140/tde-13022019-082545/pt-br.php> DOI: <https://doi.org/10.11606/T.6.2019.tde-13022019-082545>.
- 21- Garzillo JMF, Machado PP, Leite FHM, Steele EM, Poli VFS, Louzada MLDC, et al. Carbon footprint of the Brazilian diet. *Rev Saude Publica* [Internet]. 2021;55:90. Available from: <https://www.revistas.usp.br/rsp/article/view/194357> DOI: <http://doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055003614>.
- 22- Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). Family Budget Survey (POF) 2017–2018 [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2019 [cited 2025 Apr 17]. Available from: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101670.pdf>.
- 23- Silva Alves E, da Silva LA, Saqueti BHF, Artilha CAF, da Silva DDMB, de Sousa LCS, et al. Plant proteins as functional foods: a review. *Braz J Dev* [Internet]. 2020;6(2):5869–79. Available from: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/6670/5883> DOI: <http://doi.org/10.34117/bjdv6n2-043>.
- 24- Peixoto N, Silva Berti MP. Legumes: reliable sources of plant protein. *Viçosa: CRV*; 2023.
- 25- Hoekstra AY, Mekonnen MM. The water footprint of humanity. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2012;109(9):3232–3237. Available from: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1109936109> DOI: <http://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>.
- 26- Lima AB, Balbino R. Environmental impacts at Unicamp from red meat consumption [Internet]. *Rev Ciênc Amb Online*. 2011;7(2):[pages]. [cited 2025 Apr 17]. Available from: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/view/295>.
- 27- Song G, Yu L, Ma X, et al. Food consumption and waste and the embedded carbon, water and ecological footprints of households in China. *Sci Total Environ* [Internet]. 2015;529:191–7. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715301273?via%3Dihub> DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.068>.
- 28- Athare TR, Pradhan P, Kropp JP. Environmental implications and socioeconomic characterisation of Indian diets. *Sci Total Environ* [Internet]. 2020;737:139881. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896972033401X?via%3Dihub> DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139881>.
- 29- Sabaté J, Sranacharoenpong K, Harwatt H, Wien M, Soret S. The environmental cost of protein food choices. *Public Health Nutr* [Internet]. 2015;18(11):2067–73. Available from: <https://www.cambridge.org/core/journals/public-health-nutrition/article/environmental-cost-of-protein-food-choices/DB40E5C12D662913CC342D3C19F85F7D> DOI: <http://doi.org/10.1017/S1368980014002377>.
- 30- Volanti M, Arfelli F, Neri E, Saliani A, Passarini F, Vassura I, et al. Environmental impact of meals: how big is the carbon footprint in the school canteens? *Foods* [Internet]. 2022;11(2):193. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/2/193> DOI: <http://doi.org/10.3390/foods11020193>.
- 31- Garzillo JMFF, Rocha CRF, Silva DB, Lima FS, et al. Food consumption in Brazil: influence of beef on environmental impact and nutritional quality of the diet. *Rev Saude Publica* [Internet]. 2022;56:102. Available from: <https://www.revistas.usp.br/rsp/article/view/204940> DOI: <http://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056004830>.
- 32- Carvalho AM, Reis NSD, Fisberg RM, Marchioni DML. Beef consumed in São Paulo: from recommendation to environmental impact. *Segur Aliment Nutr* [Internet]. 2015;20(1 Suppl):136–140. Available from: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8634591> DOI: <http://doi.org/10.20396/san.v20i1supl.8634591>.
- 33- Brazil. Ministry of Education; National Fund for Education Development. Legislation booklet, February 2022 [Internet]. Brasília: FNDE; 2022 [cited 2025 Apr 17]. Available from: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/pnae/manuais-e-cartilhas/CADERNODELEGISLAO2022atualizadaltimaverso.pdf>.
- 34- Vandevijvere S, Jaacks LM, Monteiro CA, Moubarac JC, Girling-Butcher M, Lee AC, et al. Global trends in ultraprocessed food and drink product sales and their association with adult body mass index trajectories. *Obes Rev* [Internet]. 2019;20:10–19. Available from:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/obr.12860>  
0 DOI: <http://doi.org/10.1111/obr.12860>.

- 35- Fardet A, Rock E. Ultra-processed foods and food system sustainability: what are the links? *Sustainability (Basel)* [Internet]. 2020;12(15):6280. Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/15/6280> DOI: <http://doi.org/10.3390/su12156280>.
- 36- Hendrie GA, Baird D, Ridoutt B, Hadjikakou M, Noakes M. Overconsumption of energy and excessive discretionary food intake inflates dietary greenhouse gas emissions in Australia. *Nutrients* [Internet]. 2016;8(11):690. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6643/8/11/690> DOI: <http://doi.org/10.3390/nu8110690>.
- 37- Burke DT, Hynds P, Priyadarshini A. Quantifying farm-to-fork greenhouse gas emissions for five dietary patterns across Europe and North America: a pooled analysis from 2009 to 2020. *Resour Environ Sustain* [Internet]. 2023;12:100108. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666916123000014?via%3Dihub> DOI: <http://doi.org/10.1016/j.resenv.2023.100108>.