

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE**

**SARA STEFANI DOMINGOS**

**IMPACTO DO SERVIÇO DE POLINIZAÇÃO PARA SEGURANÇA ALIMENTAR**  
**DO PNAE NA MICRORREGIÃO DE LIMEIRA**

**ARARAS**

**2023**

**SARA STEFANI DOMINGOS**

**IMPACTO DO SERVIÇO DE POLINIZAÇÃO PARA SEGURANÇA ALIMENTAR  
DO PNAE NA MICRORREGIÃO DE LIMEIRA**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, ao Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação da Universidade Federal de São Carlos, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente.**

**Orientadora: Profa. Dra. Kayna Agostini**

**Co-orientador: Prof. Dr. Felipe Deodato da Silva e Silva**

**ARARAS**

**2023**

Domingos, Sara Stefani

Impacto do serviço de polinização para segurança alimentar do PNAE na microrregião de Limeira / Sara Stefani Domingos -- 2023.  
36f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras  
Orientador (a): Kayna Agostini  
Banca Examinadora: Pedro Joaquim Bergamo, Roberta Cornélio Ferreira Nocelli  
Bibliografia

1. Serviço ecossistêmico de polinização. 2. Segurança alimentar . 3. Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). I. Domingos, Sara Stefani. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8  
7083



---

**Folha de Aprovação**

---

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Sara Stefani Domingos, realizada em 19/12/2023.

**Comissão Julgadora:**

Profa. Dra. Kayna Agostini (UFSCar)

Prof. Dr. Pedro Joaquim Bergamo (UNESP)

Profa. Dra. Roberta Cornélio Ferreira Nocelli (UFSCar)

## AGRADECIMENTOS

A Deus e ao Universo, por serem tão gentis comigo, concedendo-me a oportunidade, saúde e persistência para o desenvolvimento desta Dissertação de Mestrado.

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, pelo auxílio durante todo o Mestrado, em especial para a Sirlene que sempre me atendeu prontamente.

À minha querida Professora e Orientadora, Dra. Kayna Agostini, por todo o ensinamento e paciência durante esse percurso, por me apresentar o incrível mundo da polinização, pela amizade e todas as oportunidades que vieram junto! É a minha inspiração como pesquisadora, cientista, mãe, mulher forte e independente.

Ao meu Co-orientador Professor Dr. Felipe Deodato da Silva e Silva por agregar ao projeto entre as indas e vindas deste trabalho.

Ao Grupo de Pesquisa Nutrição e Pobreza (IEA/USP) e ao Centro para Inteligência Artificial (C4AI-AgriBio) que me auxiliaram na construção da base de dados, especialmente às Professoras Dras. Semíramis e Aline e às colegas Isabela e Rafaela, que respondiam minhas dúvidas prontamente e estavam sempre dispostas a ajudar. Também agradeço ao Professor Dr. Antônio Mauro Saraiva pela oportunidade de me incluir no grupo de trabalho, possibilitando o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao meu incrível esposo Cayo e ao meu amado filho Martín que foram meu alicerce durante o processo. Sem a força e incentivo desse paizão eu não teria conseguido! Também agradeço aos meus pais Rita e Marco, em especial a minha mãe que sempre me incentivou a estudar e sem a ajuda dela eu não teria o suporte para minha formação (muito obrigada, mãe); e aos meus irmãos, Juliano e Pedro, que são os pilares da família e titios maravilhosos!

Aos meus amigos por tanto incentivo para eu conseguir concluir essa jornada, em especial, a Carol e ao Vincent, meus “compadres” que mesmo longe permanecem presentes em nossas vidas; e a Sheila, minha grande amiga desde a faculdade, que me ajuda em muitos aspectos e agora compartilhamos as dores e as delícias da maternidade.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento do projeto de pesquisa: “Safeguarding Pollination Services in a Changing World: theory into practice (SURPASS2)” - Processo nº 2018/14994-1.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

As Contribuições da Natureza para as Pessoas (NCP) abrangem uma ampla gama de interações homem-natureza que fornecem suporte básico à vida, bens materiais e não materiais para a humanidade, podendo ser avaliadas quantificando os benefícios fornecidos pelos ecossistemas como incentivo à sua preservação. A polinização é a NCP mais estudada em todo o mundo, pois contribui com 35% da produção mundial de alimentos, proporcionando segurança alimentar com a diversidade de alimentos com importante valor nutritivo. Neste sentido, alimentos dependentes do serviço de polinização podem ser uma importante fonte de nutrientes para crianças e adolescentes em fase de aprendizado. Na alimentação escolar proporcionada pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), os produtos agrícolas compõem um cardápio adequado em termos nutritivos, e a diversidade destes alimentos podem estar relacionadas com o serviço de polinização. Portanto, o objetivo deste trabalho foi identificar a dependência do serviço de polinização dos alimentos fornecidos para alimentação escolar de escolas públicas da microrregião de Limeira e estimar o valor econômico deste serviço de polinização. A base de dados foi construída com informações de notas fiscais de compras realizadas no âmbito do PNAE para oito municípios pertencentes à microrregião. Os resultados mostraram que 49,95% dos alimentos in natura ou minimamente processados dependem em algum grau do serviço de polinização e o valor econômico deste serviço foi estimado em cerca de um milhão de reais. Pode-se concluir que houve impacto do serviço de polinização na alimentação escolar da microrregião de Limeira, promovendo segurança alimentar e auxiliando os agricultores familiares da microrregião na produção diversificada de produtos agrícolas ricos em nutrientes. Mais estudos neste sentido podem ser realizados para auxiliar tomadores de decisões na criação de políticas públicas para a proteção dos agentes polinizadores.

**Palavras-Chave:** Serviços ecossistêmicos, agricultura familiar, alimentação escolar, diversidade nutricional, escolas públicas.

## ABSTRACT

Nature's Contributions to People (NCP) cover a wide range of human-nature interactions that provide basic life support, material and non-material goods for humanity, and can be evaluated by quantifying the benefits provided by ecosystems as an incentive for their preservation. Pollination is the most studied NCP worldwide, as it contributes to 35% of global food production, providing food security with the diversity of foods with important nutritional value. In this sense, foods dependent on the pollination service can be an important source of nutrients for children and adolescents in the learning phase. In school meals provided by the National School Feeding Program (PNAE), agricultural products make up an adequate menu in nutritional terms, and the diversity of these foods may be related to the pollination service. Therefore, the objective of this work was to identify the dependence of the pollination service on food provided for school meals in public schools in the Limeira microregion and to estimate the economic value of this pollination service. The database was built with information from invoices for purchases made within the scope of the PNAE for eight municipalities belonging to the microregion. The results showed that 49% of fresh or minimally processed foods depend to some degree on the pollination service and the economic value of this service was estimated at around one million reais. It is concluded that there was an impact of the pollination service on school meals in the Limeira micro-region, promoting food security and helping family farmers in the micro-region in the diversified production of agricultural products rich in nutrients. More studies in this sense can be carried out to assist decision makers in creating public policies to protect pollinators.

**Keywords:** Ecosystem services, family farming, school feeding, nutritional diversity, public schools.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO	10
2.1. Objetivos específicos	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Fonte de dados	10
3.2. Classificação dos alimentos de acordo com seu processamento e grupo alimentar	11
3.3. Alimentos dependentes de polinização na alimentação escolar e seu grau de dependência	13
3.4. Avaliação econômica do serviço de polinização na alimentação escolar	14
4. RESULTADOS	15
4.1. Classificação dos alimentos de acordo com seu processamento e grupo alimentar	15
4.2. Alimentos dependentes de polinização na alimentação escolar e seu grau de dependência	18
4.3. Avaliação econômica do serviço de polinização na alimentação escolar da microrregião de Limeira	23
5. DISCUSSÃO	25
6. CONCLUSÃO	26
7. APÊNDICES	28
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32



## 1. INTRODUÇÃO

As Contribuições da Natureza para as Pessoas, originalmente definido como *Nature's Contributions to People* (NCP), abrangem uma ampla gama de interações homem-natureza que fornecem suporte básico à vida, bens materiais e não materiais para a humanidade (IPBES, 2017; DÍAZ et al., 2018), complementando o conceito de serviços ecossistêmicos (COSTANZA et al., 1997). As NCPs podem ser avaliadas quantificando os benefícios fornecidos pelos ecossistemas como incentivo à sua preservação (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). A polinização é a NCP mais estudada em todo o mundo (BREEZE et al., 2016) e, no Brasil, foi avaliada em 11 bilhões de dólares em 2018, sendo o valor estimado da contribuição dos polinizadores relacionada à produção agrícola no país (BPBES/REBIPP, 2019). Além disso, contribui com 35% da produção mundial de alimentos e tem o potencial de aumentar o rendimento e melhorar a qualidade de 75% dos cultivos globalmente importantes, incluindo frutas, legumes, sementes e oleaginosas (KLEIN et al., 2007; IPBES, 2016).

A dependência do serviço de polinização é definida pelo quanto da produção dos cultivos é impulsionada pela ação de polinizadores, sendo classificada como essencial, alta, modesta, pouca ou sem incremento (KLEIN et al., 2007). No Brasil, 35% dos principais cultivos relacionados à alimentação a dependência de polinizadores é essencial, destacando a abóbora (*Cucurbita* spp.), castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), maracujá (*Passiflora edulis*) e melancia (*Citrullus lanatus*); 24% têm alta dependência, como o abacate (*Persea americana*), pepino (*Cucumis sativus*) e berinjela (*Solanum melongena*); 10% dos cultivos possui dependência modesta, como o café (*Coffea arabica*), soja (*Glycine max*) e laranja (*Citrus sinensis*); e, por fim, 7% são classificados com pouca dependência, como o limão (*Citrus maxima*), mamão (*Carica papaya*) e tomate (*Solanum lycopersicum*) (BPBES/REBIPP, 2019; PORTO et al., 2021).

Apesar da importância dos polinizadores estes organismos vêm sofrendo ameaças à sua conservação provocadas pela mudança no uso da terra, com o aumento da produtividade agrícola por meio de fragmentação e perdas de ambientes naturais, assim como, pela monocultura, o uso indiscriminado de agrotóxicos, a poluição ambiental, as mudanças climáticas e a competição de espécies nativas com espécies invasoras (IPBES 2016; BPBES/REBIPP, 2019). Outro fator como o crescimento populacional, estimado em 2 bilhões de pessoas nos próximos 40 anos, amplia o desafio na produção e distribuição de alimentos

(VOLLSET et al., 2020). Além disso, o Fluxo Virtual de Polinização demonstra como os países mais desenvolvidos estão demandando em excesso os serviços de polinização dos países em desenvolvimento, fazendo com que os países mais pobres expandem seus campos agrícolas de cultivos dependentes de polinização à custa de habitat natural (SILVA et al., 2021a).

As ameaças aos polinizadores podem provocar um déficit nutricional na dieta humana, pois a polinização tem mostrado relevância não apenas para o setor econômico (GALLAI et al., 2009), aumentando a produção agrícola (KLEIN et al., 2007), mas também afeta diretamente a segurança alimentar (POTTS et al., 2016; PORTO et al., 2021). Considerando a produção de alimentos, os polinizadores contribuem com 40% do suprimento de nutrientes para a população mundial (EILERS et al., 2011). No Brasil, 29 dos 45 principais cultivos produzidos para consumo interno e para exportação são dependentes em algum nível de polinização (PORTO et al., 2021). Os cultivos que dependem de polinização animal provêm quantidades significativas de vitamina C, lipídios, vitamina A, cálcio, flúor e ácido fólico, garantindo uma dieta nutricionalmente adequada para a saúde humana (EILERS et al., 2011), com diversidade alimentar.

De acordo com o Guia Alimentar para a População Brasileira (2014), além da diversidade alimentar é importante considerar o tipo de processamento que os alimentos são submetidos antes de sua aquisição, preparo e consumo, sendo recomendados os alimentos in natura ou minimamente processados, pois são a base para uma alimentação balanceada, saborosa, culturalmente apropriada e promotora de um sistema alimentar sustentável. Além disso, é recomendado limitar o consumo de alimentos processados devido à alta densidade calórica e evitar os alimentos ultraprocessados, pois são nutricionalmente pobres (BRASIL, 2014; MONTEIRO et al., 2016) tendem a ser consumidos em excesso e as formas de produção, distribuição, comercialização e consumo afetam de modo desfavorável a cultura, a vida social e o meio ambiente (MOODIE et al., 2013; PETRINI, 2009).

Neste sentido, estudantes de escolas públicas brasileiras consomem os alimentos dependentes de polinização adquiridos por meio do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), o segundo maior programa de alimentação escolar do mundo, no qual beneficia 40 milhões de estudantes que recebem refeições em mais de 160 mil escolas públicas (WFP, 2020). Os regulamentos do PNAE determinam que os alimentos entregues às escolas contenham entre 20% a 70% das necessidades nutricionais diárias das crianças, a Resolução nº 6/2020 preconiza que as unidades escolares em período parcial, ofereçam 280 gramas/estudante/semana de alimentos in natura e 520 gramas quando a unidade é de ensino

integral. A Lei nº 11.947/09 determina usar o mínimo de 30% dos recursos financeiros repassados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) para compra de gêneros alimentícios diretamente da agricultura familiar e do empreendedor familiar rural (BRASIL, 2009; FNDE, 2022).

Para o funcionamento do PNAE o governo federal repassa aos Estados, ao Distrito Federal, aos municípios e às escolas federais valores financeiros de caráter suplementar, efetuados em 10 parcelas mensais para a cobertura de 200 dias letivos, conforme o número de matriculados consultado no Censo Escolar do ano anterior ao do atendimento, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep/MEC). O Programa atende alunos de toda a educação básica (educação infantil, ensino fundamental, ensino médio, ensino integral, ensino especial e educação de jovens e adultos) e é fiscalizado diretamente pela sociedade, pelo FNDE, pelo Tribunal de Contas da União, pela Controladoria Geral da União e pelo Ministério Público (FNDE, 2022).

Ainda de acordo com a Lei nº 11.947/09, a alimentação escolar deve ser saudável e adequada, compreendendo o uso de alimentos variados, seguros, respeitando a cultura, as tradições e os hábitos alimentares saudáveis e o apoio ao desenvolvimento sustentável, com a aquisição de alimentos diversificados, sazonais, produzidos em âmbito local e pela agricultura familiar (BRASIL, 2009). Representando 77% dos estabelecimentos agrícolas do país, a agricultura familiar (IBGE, 2017) vem ganhando um importante espaço nas políticas públicas e sendo reconhecida como a principal fornecedora de alimentos aos brasileiros (ALMEIDA et al., 2022).

Nesta perspectiva, alimentos dependentes de polinização são uma importante fonte de nutrientes (EILERS et al., 2011; PORTO et al., 2021), especialmente na alimentação escolar de crianças e adolescentes em fase de aprendizado e desenvolvimento. Políticas públicas de alimentação escolar como o PNAE, especialmente em países em desenvolvimento, são em geral programas de assistência social de combate à fome, que tendem a aumentar o número de matrículas e a frequência escolar, sendo mundialmente um instrumento de proteção para crianças em estado de vulnerabilidade (WFP, 2020).

Devido a importância dos polinizadores na produção agrícola, que afeta diretamente a segurança alimentar, os serviços de polinização têm sido avaliados com uma variedade de métodos em escala global e em contextos regionais (HIPÓLITO et al., 2019). No entanto, a literatura carece de informações sobre o impacto da polinização na alimentação escolar. A identificação da importância do serviço de polinização na segurança alimentar escolar por meio do PNAE contribuirá para demonstrar outro aspecto dos benefícios dos

polinizadores para a sociedade, evidenciando a necessidade de proteção a esses agentes por meio de políticas públicas de fortalecimento de práticas agrícolas sustentáveis.

## **2. OBJETIVO**

Compreender qual a dependência dos alimentos comprados por meio do PNAE nos municípios da microrregião de Limeira em relação aos serviços de polinização e testar a hipótese que o serviço de polinização promove segurança alimentar escolar da microrregião com a produção diversificada de produtos agrícolas destinados à alimentação escolar.

### **2.1. Objetivos específicos**

1) Determinar a proporção de alimentos, categorizados conforme seu grau de processamento e grupo alimentar, adquiridos por meio do PNAE nos municípios da microrregião de Limeira;

2) Avaliar o nível de dependência do serviço de polinização para a produção de alimentos in natura ou minimamente processados;

3) Realizar uma avaliação econômica para analisar o impacto financeiro do serviço de polinização na provisão de alimentos direcionados para as escolas destes municípios.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

A microrregião de Limeira é composta por oito municípios do Estado de São Paulo, sendo eles: Araras (local onde está instalado o Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos), Conchal, Cordeirópolis, Iracemápolis, Leme, Limeira, Santa Cruz da Conceição e Santa Gertrudes. A população do censo demográfico de 2022 foi estimada em 624.366 habitantes e está inserida em maior extensão territorial no bioma Mata Atlântica e parcialmente no Cerrado (IBGE CIDADES, 2023).

### **3.1. Fonte de dados**

A base de dados foi construída com informações de compras realizadas pelo PNAE, no período letivo de 2019, para oito municípios da microrregião de Limeira, obtidas por meio do acesso às notas fiscais extraídas da plataforma SiGPC - Sistema de Gestão de Prestação de Contas do FNDE. A plataforma foi acessada pelo site

<https://www.fn.de.gov.br/sigpcadm/sistema.pu?operation=localizar>, e para cada município da microrregião de Limeira a seleção de dados seguiu o critério: Tipo de OPC: Repasse; Ano Início Vigência: 2019; Programa/Projeto: ALIMENTAÇÃO ESCOLAR; UF: SP; Município: (oito municípios selecionados separadamente); Pesquisar; Operações: ícone “Contas Online”; Documentos de Despesas; Localizar; Exportar Itens Excel; e o download da planilha com as notas fiscais foi realizado.

As informações disponíveis na planilha incluem os fornecedores, número da nota fiscal, data de emissão, descrição do item, unidade, quantidade, valor unitário e o valor total. Novas informações foram adicionadas para a criação da base de dados, como a classificação para cada alimento quanto ao seu tipo de processamento e o grupo alimentar, a dependência do serviço de polinização seguida por sua taxa de dependência, o valor da avaliação econômica do serviço de polinização e o peso por unidade ajustada, de acordo com os quilogramas, para os alimentos que não estavam com a unidade padronizada, ou seja, aqueles comprados por unidade, pacote, fardo, caixa, saco, maço e dúzia.

A padronização para a conversão em medidas de grandeza (g ou ml) foi baseada principalmente em quatro documentos públicos, sendo eles: a cotação de mercadorias do CEASA(<https://pocosdecaldas.mg.gov.br/wp-content/uploads/2019/02/cotacao-15-fevereiro-2019.pdf>); o edital do Ministério da Educação visando à aquisição de gêneros alimentícios para o restaurante universitário da Universidade Federal da Fronteira Sul ([http://www.comprasnet.gov.br/ConsultaLicitacoes/download/download\\_editais\\_detalhe.asp?coduasg=158517&modprp=5&numprp=542014#:~:text=Acelga%20Acelga%2C%20in%20natura.,unidade%20de%20400g%20a%20600g.](http://www.comprasnet.gov.br/ConsultaLicitacoes/download/download_editais_detalhe.asp?coduasg=158517&modprp=5&numprp=542014#:~:text=Acelga%20Acelga%2C%20in%20natura.,unidade%20de%20400g%20a%20600g.)); o “Hortipedia” no site da Companhia de Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (CEAGESP) (<https://ceagesp.gov.br/hortiescolha/hortipedia/>) e a Tabela de Medidas Referidas para os Alimentos Consumidos no Brasil do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para os alimentos não encontrados nestes documentos, foi considerado um produto similar de acordo com seu peso e valor unitário.

### **3.2. Classificação dos alimentos de acordo com seu processamento e grupo alimentar**

A quantidade de alimentos comprados por meio do PNAE para cada município da microrregião de Limeira foi calculada considerando a unidade ajustada em quilos e em litros. Os alimentos foram classificados segundo o propósito do processamento a que foram submetidos, divididos em quatro grupos: 1- Alimentos in natura ou minimamente processados; 2- Ingredientes culinários processados; 3- Alimentos processados e 4- Alimentos

ultraprocessados (MONTEIRO et al., 2016) (QUADRO 1). Para maior apuração dos tipos de alimentos in natura ou minimamente processados, foi calculado o percentual de cada grupo alimentar, sendo eles: Água; Carnes e Ovos; Cereais; Feijão e Leguminosas; Frutas; Leite e Laticínios; Raízes e Tubérculos; Verduras e Legumes (BRASIL, 2014).

**Quadro 1.** Classificação dos grupos de alimentos de acordo com seu nível de processamento.

<b>Grupo</b>	<b>Definição e características</b>	<b>Exemplos</b>
1 - Alimentos in natura ou minimamente processados	Alimentos submetidos a processos como remoção de partes não comestíveis, secagem, desidratação, moagem, fracionamento, torra, cocção apenas com água, pasteurização, refrigeração ou congelamento, acondicionamento em embalagens, fermentação não alcoólica e outros processos que não envolvem a adição de substâncias como sal, açúcar, óleos ou gorduras ao alimento in natura.	Legumes, verduras, frutas, raízes e tubérculos; cereais; feijão de todas as cores e leguminosas; cogumelos frescos ou secos; frutas secas, sucos de frutas pasteurizados e sem adição de açúcar ou outras substâncias; castanhas e oleaginosas sem sal ou açúcar; especiarias em geral e ervas frescas ou secas; farinhas de mandioca, de milho ou de trigo e macarrão ou massas frescas ou secas feitas com essas farinhas e água; carnes e frutos do mar frescos, resfriados ou congelados; leite pasteurizado ou em pó, iogurte (sem adição de açúcar ou outra substância); ovos; chá, café e água potável.
2 - Ingredientes culinários processados	Substâncias extraídas diretamente de alimentos do grupo 1 ou da natureza e consumidas como itens de preparações culinárias para temperar e cozinhar alimentos no preparo de pratos salgados e doces, sopas, saladas, conservas, pães caseiros, sobremesas, bebidas e preparações culinárias em geral.	Sal; açúcar, melado e rapadura extraídos da cana de açúcar; mel; óleos e gorduras extraídos de alimentos de origem vegetal ou animal, amido extraído do milho ou de outra planta.

3 - Alimentos processados	Produtos fabricados com a adição de sal ou açúcar, óleo, vinagre ou outra substância do grupo 2, a um alimento do grupo 1, sendo produtos com dois ou três ingredientes.	Conservas; castanhas adicionadas sal ou açúcar; carnes salgadas; peixe conservado em óleo ou água e sal; frutas em calda; queijos e pães.
4 - Alimentos ultraprocessados	Formulações industriais feitas tipicamente com cinco ou mais ingredientes. Com frequência, esses ingredientes incluem substâncias e aditivos usados na fabricação de alimentos processados como açúcar, óleos, gorduras e sal, além de antioxidantes, estabilizantes e conservantes. Aditivos encontrados apenas em alimentos ultraprocessados incluem corantes, estabilizantes de cor, aromas, intensificadores de aromas, saborizantes, realçadores de sabor, edulcorantes artificiais, agentes de carbonatação, agentes de firmeza, agentes de massa, antiaglomerantes, espumantes, antiespumantes, glaceantes, emulsificantes e umectantes.	Refrigerantes e pós para refrescos; ‘salgadinhos de pacote’; sorvetes, chocolates, guloseimas em geral; pães de forma, de hot-dog ou de hambúrguer; pães doces, biscoitos, bolos e misturas para bolo; ‘cereais matinais’ e ‘barras de cereais’; bebidas ‘energéticas’, achocolatados e bebidas com sabor de frutas; caldos com sabor de carne, de frango ou de legumes; maioneses e outros molhos prontos; fórmulas infantis e de seguimento e outros produtos para bebês; produtos congelados prontos para aquecer incluindo tortas, pratos de massa e pizzas; extratos de carne de frango ou de peixe empanados do tipo nuggets, salsicha, hambúrguer e outros produtos de carne reconstituída, e sopas, macarrão e sobremesas ‘instantâneas’.

Fonte: Classificação *NOVA* (MONTEIRO et al., 2016); Guia alimentar para a população brasileira (BRASIL, 2014).

### 3.3. Alimentos dependentes de polinização na alimentação escolar e seu grau de dependência

Para a classificação da dependência de polinização dos alimentos in natura ou minimamente processados, foram considerados os grupos alimentares de origem vegetal, ou seja, cereais; feijão e leguminosas; frutas; raízes e tubérculos; verduras e legumes, e descartados os alimentos processados; ingredientes culinários processados; alimentos ultraprocessados; carnes e ovos; leite e laticínios. A classificação de cada cultivo foi realizada com base no grau em que a produção agrícola e a qualidade dos frutos e sementes estão

diretamente associadas à polinização animal, sendo classificados com uma das cinco categorias de níveis de dependência, segundo os métodos de Klein e colaboradores (2007) e Gallai e Vaissiere (2009), sendo elas: Essencial (Taxa de dependência (TD) = 0,95): entre 90% e 100% de redução de rendimento na ausência de polinizadores; Alta (TD = 0,65): entre 40% e 90% de redução; Modesta (TD = 0,25): entre 10% e 40% de redução; Pouca (TD = 0,05): entre 0% e 10% de redução, e sem incremento (TD = 0), sem diferença no rendimento relacionado a polinização animal.

O grau de dependência de polinização dos alimentos foi consultado em literaturas especializadas (APÊNDICE 1), que trazem informações sobre o nível de dependência de polinização para a produção e rendimento dos cultivos. Os polinizadores podem aumentar a produção de sementes de cultivos que se reproduzem vegetativamente no campo (por exemplo, a cebola) e, conseqüentemente, influenciar a cadeia produtiva do alimento (KLEIN et al., 2007). No entanto, para não superestimar o trabalho, a definição de dependência de polinizadores foi restrita aos cultivos para os quais os polinizadores afetam diretamente a produção das partes consumidas das plantas, sendo classificados como “sem incremento” as raízes tuberosas, os rizomas, os tubérculos e as folhagens.

#### **3.4. Avaliação econômica do serviço de polinização na alimentação escolar**

Para a avaliação econômica do serviço de polinização na alimentação escolar proporcionada por meio do PNAE, foi multiplicada a taxa de dependência (TD) de polinização de cada alimento pelo valor de compra do produto (adaptado de Gallai e Vaissière, 2009). Os valores das compras foram consultados na base de dados das notas fiscais do período letivo de 2019, elaborada conforme descrito no item 3.1. Nesta avaliação, foram considerados apenas os alimentos dependentes de polinização classificados como alimento in natura ou minimamente processado, pois para os ingredientes culinários processados e os alimentos processados, não foi possível padronizar a proporção de cada alimento dependente de polinização por produto, assim como para os alimentos ultraprocessados, sendo desconsiderados por utilizarem quantidades insignificantes de alimentos naturais.

Dados demográficos e estatísticos dos municípios da microrregião de Limeira foram extraídos do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (<https://cidades.ibge.gov.br/>), sendo consultado separadamente para cada município as informações: população; Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e PIB per capita. O número de alunos matriculados em 2019 na Educação Básica (educação infantil, ensino fundamental, ensino médio, educação profissional associada ao ensino médio e



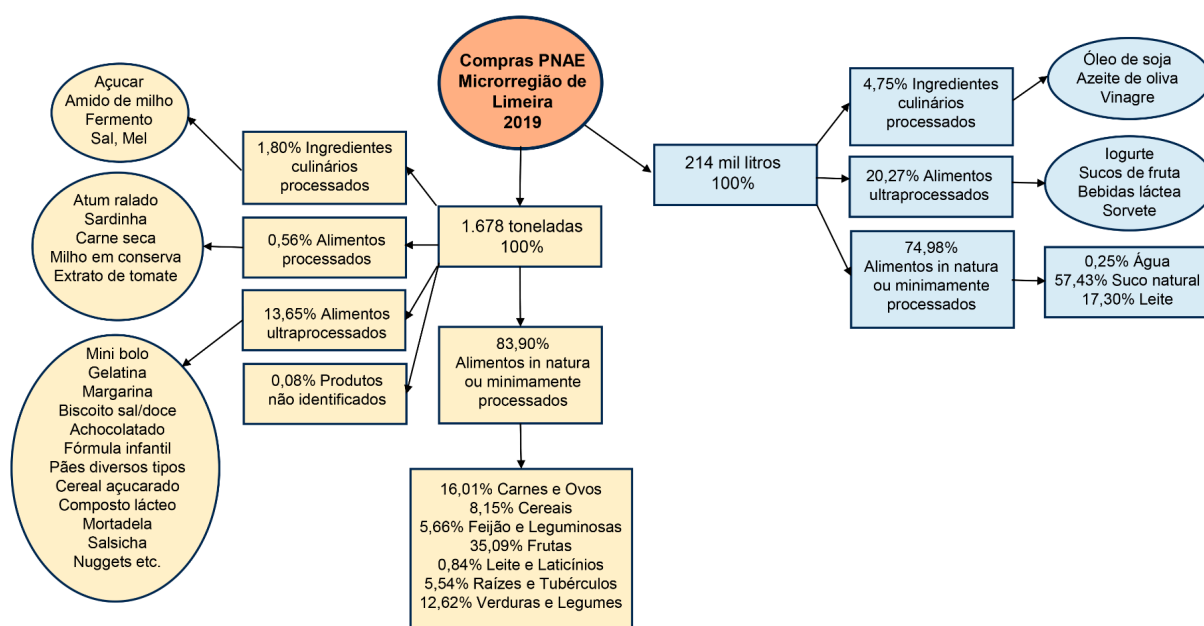
educação de jovens e adultos (EJA)) foi consultado no documento ‘Sinopse Estatística da Educação Básica 2019’ (INEP, 2020).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Classificação dos alimentos de acordo com seu processamento e grupo alimentar

A base de dados dos alimentos comprados pelo PNAE, durante o período letivo de 2019, para os municípios da microrregião de Limeira, resultou no total de, aproximadamente, 1.678 toneladas e 214 mil litros de alimentos (quantidades detalhadas por municípios no APÊNDICE 2). No panorama geral, os alimentos in natura ou minimamente processados estiveram presentes em maior quantidade, com 83,90% dos alimentos sólidos e 74,98% para os líquidos (FIGURA 1).

**Figura 1** - Fluxograma dos alimentos comprados por meio do PNAE, na microrregião de Limeira, durante o ano letivo de 2019, divididos em alimentos líquidos (litros) (destacado em azul no fluxograma) e sólidos (toneladas) (destacado em amarelo) com classificação de acordo com seu nível de processamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

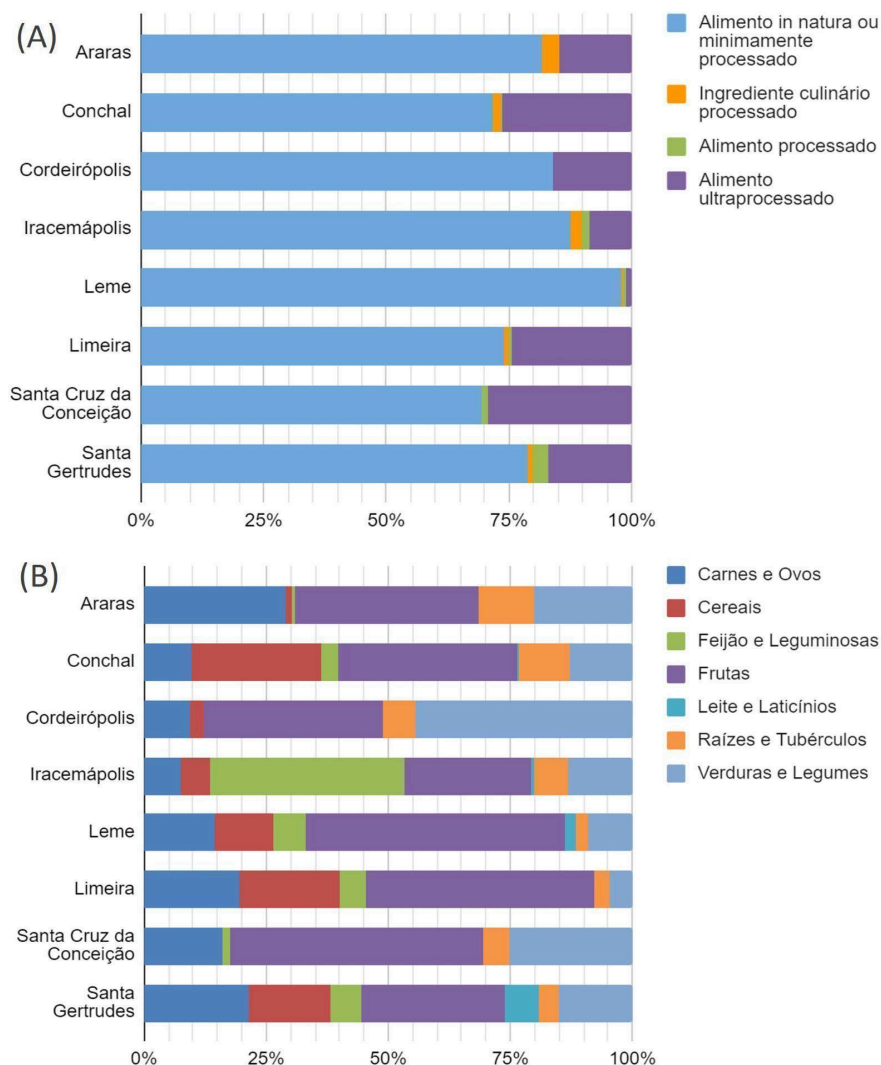
Entre as toneladas de alimentos in natura ou minimamente processados houve grande variação dos grupos alimentares, com maior prevalência de frutas (35,09%) entre os municípios, seguidos por carnes e ovos (alimentos de origem animal 16%) e verduras e legumes (12,62%). As variedades de frutas entregues às escolas foram: abacaxi, abacate,

ameixa, banana, goiaba, kiwi, laranja, limão, maçã, mamão, manga, maracujá, melancia, melão, morango, pera e tangerina. Já as principais variedades de verduras e legumes foram: abóbora, abobrinha, brócolis, chuchu, pepino, pimentão, quiabo, tomate e vagem. Outros grupos alimentares que se destacaram foram os cereais (arroz, derivados de trigo, milho e aveia 8,15%); feijão e leguminosas (5,66%) e raízes e tubérculos (batata, beterraba, cenoura, mandioca e mandioquinha 5,54%). O total de alimentos de origem vegetal somou 67%.

Os alimentos ultraprocessados atingiram o segundo maior percentual de consumo pelos municípios (13,65%), incluindo: achocolatado em pó; biscoito tipo salgado e doce; catchup; composto lácteo; gelatina; mini bolo; pão tipo bisnaguinha, tipo hot dog e pão de forma; flocos de milho açucarados; margarina; preparo para mingau; pudim de caramelo; picolé; sorvete de massa; entre outros. Além dos alimentos ultraprocessados de origem animal: apresuntado; almôndega; hambúrguer; quibe; mortadela; nuggets; salsicha e steak de frango.

A análise dos resultados por municípios demonstrou que apenas Conchal, Limeira e Santa Cruz da Conceição não atingiram 75% das toneladas de alimentos in natura ou minimamente processados. Consequentemente, consumiram maior quantidade de alimentos ultraprocessados, sendo superior a 25% do total de toneladas de alimentos (FIGURA 2A). Os ingredientes culinários processados e alimentos processados obtiveram as máximas de 3,61% (Araras) e 3,26% (Santa Gertrudes), respectivamente. O consumo de alimentos por grupos alimentares pode ser observado na figura 2B.

**Figura 2** - Distribuição percentual da quantidade de alimentos adquiridos em relação à classificação de alimentos comprados pelo PNAE, no período letivo de 2019, para a microrregião de Limeira, de acordo com seu nível de processamento (A) e grupo alimentar dos alimentos in natura ou minimamente processados (B) considerando o percentual da quantidade de alimentos em quilos.

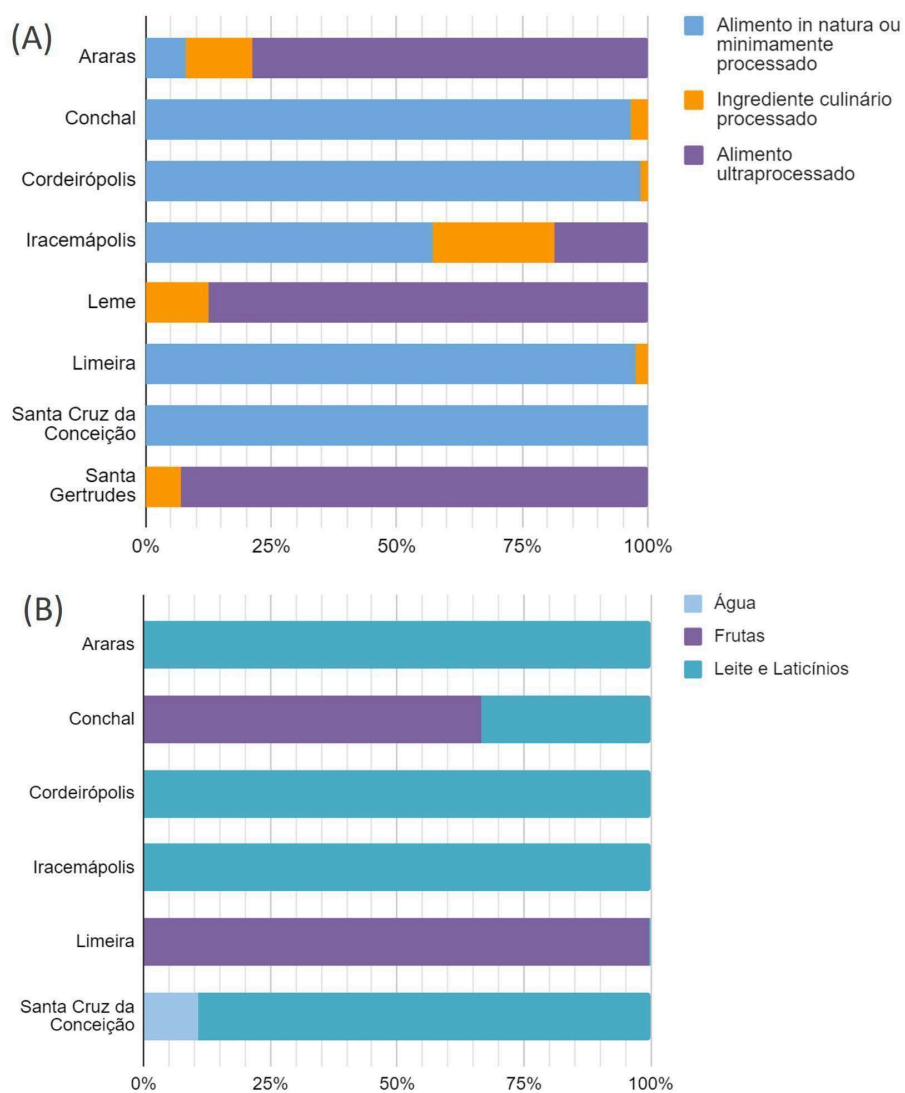


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Do total de alimentos líquidos in natura ou minimamente processados as frutas (consumidas por meio de sucos integrais de laranja e uva) foram mais representativas, seguidas por leite e água. Já os principais alimentos ultraprocessados foram: iogurte sabor morango, suco industrializado de frutas e bebidas lácteas saborizadas (FIGURA 1). Entre os municípios observa-se um resultado contrário ao consumo de alimentos in natura ou minimamente processados em toneladas, pois os municípios Conchal, Limeira e Santa Cruz da Conceição ultrapassaram o percentual de 95% (FIGURA 3A). Ao observar por grupos alimentares, apenas Conchal e Limeira consumiram frutas em forma de sucos integrais, os

demais municípios consumiram somente leite e laticínios (origem animal) e apenas Santa Cruz da Conceição comprou água por meio do PNAE (FIGURA 3B).

**Figura 3** - Distribuição percentual da quantidade de alimentos adquiridos em relação à classificação de alimentos comprados pelo PNAE, no período letivo de 2019, para a microrregião de Limeira, de acordo com seu nível de processamento (A) e grupo alimentar dos alimentos in natura ou minimamente processados (B) considerando o percentual da quantidade de alimentos em litros.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

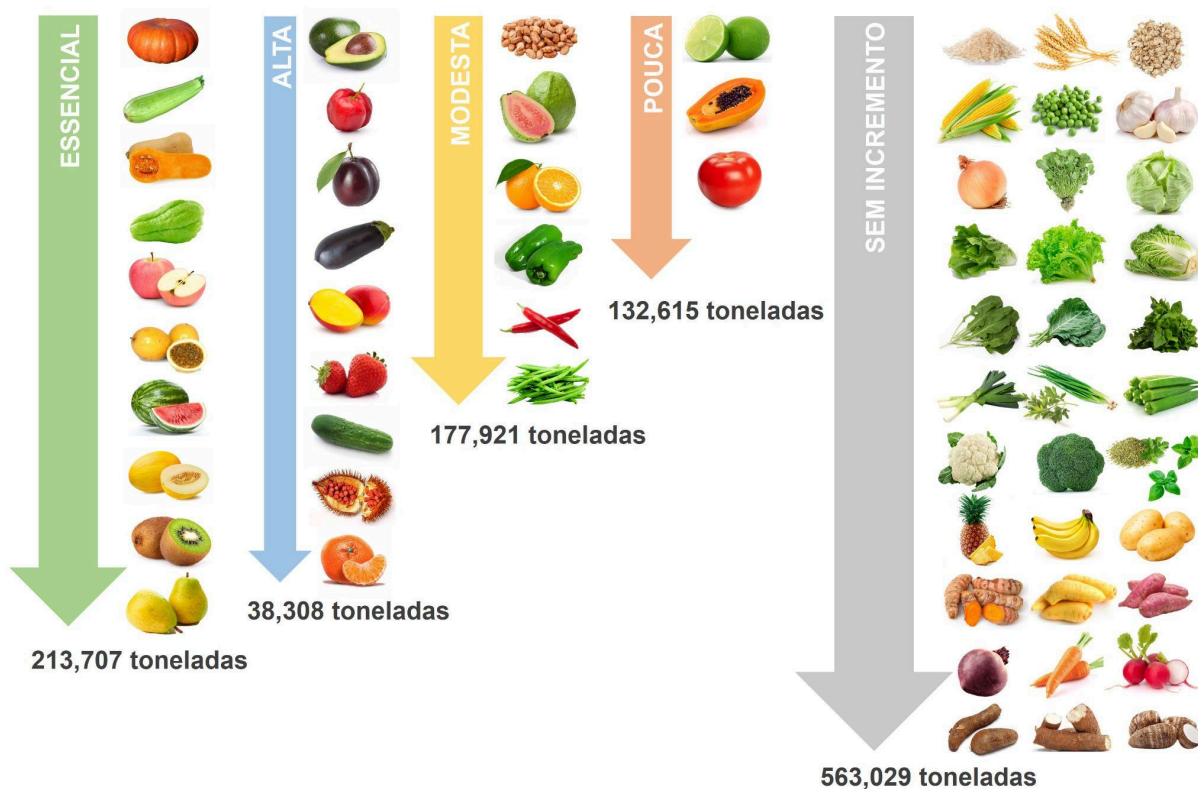
#### 4.2. Alimentos dependentes de polinização na alimentação escolar e seu grau de dependência

As compras realizadas por meio do PNAE resultaram em 64 espécies de plantas alimentícias e, aproximadamente, 1.125 toneladas de alimentos entre os grupos alimentares de origem vegetal. Os cultivos dependentes do serviço de polinização animal somaram 562 toneladas de alimentos (49,99%), divididos entre as dependências de polinização: essencial

19%; alta 3,40%; modesta 15,81% e pouca 11,78% (FIGURA 4), considerando os alimentos sólidos. Para os líquidos do grupo alimentar frutas o total foi de 123 mil litros e a dependência do serviço de polinização foi de 27,86%, sendo as frutas laranja e uva as responsáveis pelo percentual.

Os cultivos não dependentes de polinização (sem incremento) foram compostos por raízes e tubérculos anuais propagados vegetativamente, folhagens, frutos partenocárpicos (banana e abacaxi) e cultivos polinizados de forma abiótica, por exemplo, o arroz, a aveia e o trigo que são polinizados pelo vento (BPBES/REBIPP, 2019).

**Figura 4** - Diversidade e quantidade em toneladas de alimentos in natura ou minimamente processados classificados a partir do nível de dependência do serviço de polinização, comprados por meio do PNAE, no período letivo de 2019, para a microrregião de Limeira.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os alimentos dependentes de polinização animal mais consumidos entre os municípios da microrregião de Limeira, comprados por meio do PNAE, superiores a cinco toneladas (t) foram: maçã (124,47 t); feijão (94,27 t); laranja (76,04 t); mamão (66,35 t); tomate (56,29 t); melancia (35,97 t); goiaba (31,06 t); abobrinha (22,36 t); pepino (19,63 t); tangerina (10,52 t); pera (7,34 t) e abóbora (5,50 t). Os principais polinizadores e visitantes florais destes cultivos, registrados em literatura, são diferentes espécies de abelhas nativas sem ferrão, abelha

melífera (*Apis mellifera*) e abelhas mamangavas de chão e de toco (KLEIN et al., 2020) (TABELA 1).

**Tabela 1** - Quantidade em toneladas (t) dos alimentos dependentes de polinização animal mais consumidos pelas escolas dos municípios da microrregião de Limeira, comprados por meio do PNAE, durante o período letivo de 2019.

Alimento	Araras	Conchal	Cordeirópolis	Iracemópolis	Leme	Limeira	Santa C. Conceição	Santa Gertrudes	Total (t)	Polinizadores e visitantes florais (KLEIN et al., 2020)
1. Maçã <i>Malus domestica</i>	49,53	2,20	0,00	3,46	38,70	25,40	0,11	5,08	124,47	Abelha melífera ( <i>Apis mellifera</i> ); Abelha sem ferrão ( <i>S. quadripunctata</i> ); Abelha mamangava de chão ( <i>Bombus</i> sp.)
2. Feijão <i>Phaseolus vulgaris</i>	3,00	2,72	0,00	47,70	25,80	11,00	0,09	3,95	94,27	Abelha melífera ( <i>Apis mellifera</i> ); Abelha mamangava de chão ( <i>Bombus atratus</i> ); Mamangava de toco ( <i>Xylocopa</i> sp.); Abelha solitária ( <i>Thygater analis</i> )
3. Laranja <i>Citrus</i> spp.	20,68	0,00	3,85	1,09	46,04	3,71	0,00	0,67	76,04	Abelha melífera ( <i>Apis mellifera</i> ); Abelha sem ferrão ( <i>Melipona quadrifasciata</i> , <i>M. scutellaris</i> , <i>Tetragonisca angustula</i> ); Mamangava de toco ( <i>Xylocopa</i> sp.); Abelha coletora de óleo ( <i>Centris analis</i> )
4. Mamão <i>Carica papaya</i>	5,74	2,93	0,00	2,85	36,12	17,36	0,00	1,35	66,35	Mariposa ( <i>Erinnyis ello</i> ); Borboletas ( <i>Papilio polytes</i> , <i>Phoebis sennae</i> ); Abelha melífera; Abelha sem ferrão ( <i>T. angustula</i> , <i>Trigona</i> sp.); Besouro ( <i>Acanthinus aequinoctialis</i> )
5. Tomate <i>Solanum lycopersicum</i>	28,61	1,19	9,37	7,37	5,46	2,06	0,62	1,62	56,29	Abelha melífera ( <i>Apis mellifera</i> ); Abelha sem ferrão ( <i>Paratrigona lineata</i> , <i>M. quinquefasciata</i> , <i>Trigona spinipes</i> , <i>Plebeia</i> sp.); Mamangava de chão ( <i>Bombus</i> sp.); Mamangava de toco ( <i>Xylocopa</i> sp.)
6. Melancia <i>Citrullus lanatus</i>	8,57	0,00	5,54	5,38	12,00	1,94	0,89	1,65	35,97	Abelha melífera ( <i>Apis mellifera</i> ); Abelha sem ferrão ( <i>T. spinipes</i> , <i>Plebeia</i> sp.); Mamangava de chão ( <i>Bombus</i> sp.)

Alimento	Araras	Conchal	Cordeirópolis	Iracemópolis	Leme	Limeira	Santa C. Conceição	Santa Gertrudes	Total (t)	Polinizadores e visitantes florais (KLEIN et al., 2020)
7. Goiaba <i>Psidium guajava</i>	0,60	2,23	0,20	1,05	26,80	0,00	0,19	0,00	31,06	Abelha melífera ( <i>Apis mellifera</i> ); Abelha sem ferrão ( <i>M. mandacaia</i> , <i>Partamona seridoensis</i> , <i>T. spinipes</i> ); Abelha coletora de óleo ( <i>Centris aenea</i> )
8. Abobrinha <i>Cucurbita pepo</i> , <i>C. moschata</i>	13,31	0,66	3,64	0,47	3,24	0,32	0,09	0,62	22,36	Abelha melífera ( <i>Apis mellifera</i> ); Abelha mamangava do chão ( <i>Bombus morio</i> , <i>Bombus atratus</i> ); Abelha sem ferrão ( <i>Frieseomelitta</i> sp., <i>Geotrigona mombuca</i> , <i>M. seminigra</i> , <i>M. quadrifasciata</i> , <i>Trigona</i> sp., <i>Plebeia</i> sp.); Abelha das cucurbitáceas ( <i>Peponapis</i> sp.)
9. Pepino <i>Cucumis sativus</i>	14,05	0,41	1,99	1,31	0,50	0,47	0,19	0,72	19,63	Abelha das cucurbitáceas ( <i>Peponapis</i> sp.)
10. Tangerina <i>Citrus reticulata</i>	3,42	3,46	0,00	1,56	0,00	0,00	0,00	2,08	10,52	Abelha melífera ( <i>Apis mellifera</i> ); Abelha sem ferrão ( <i>M. quadrifasciata</i> , <i>M. scutellaris</i> , <i>T. angustula</i> ); Mamangava de toco ( <i>Xylocopa grisescens</i> , <i>Xylocopa suspecta</i> ); Abelha coletora de óleo ( <i>Centris analis</i> )
11. Pera <i>Pyrus communis</i>	1,53	1,35	0,00	3,45	0,00	1,01	0,00	0,00	7,34	Abelha melífera ( <i>Apis mellifera</i> ); Mamangava do chão ( <i>Bombus</i> sp.); Abelha sem ferrão ( <i>Scaptotrigona</i> sp.); Mamangava de toco ( <i>Xylocopa</i> sp.)
12. Abóbora <i>Cucurbita maxima</i>	0,11	0,52	2,94	0,29	1,50	0,14	0,00	0,00	5,50	Abelha melífera ( <i>Apis mellifera</i> ); Abelha das cucurbitáceas ( <i>Peponapis</i> sp.); Mamangava do chão ( <i>Bombus</i> sp.); Mamangava de toco ( <i>Xylocopa</i> sp.); Abelha sem ferrão ( <i>T. spinipes</i> )

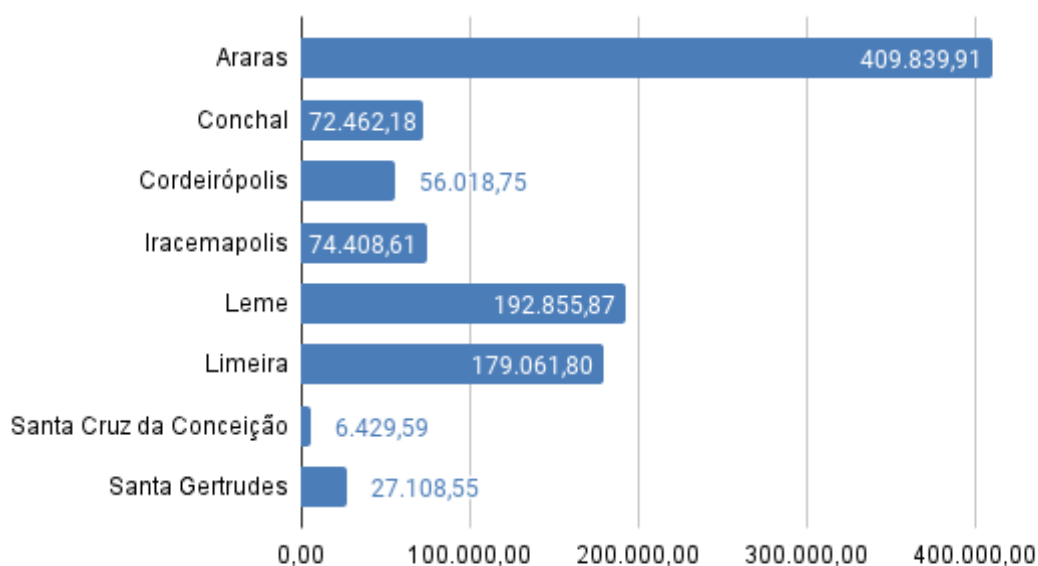
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).



### 4.3. Avaliação econômica do serviço de polinização na alimentação escolar da microrregião de Limeira

A partir do método adaptado de Gallai e Vaissière (2009) o valor total estimado de contribuição dos polinizadores para a alimentação escolar dos municípios da microrregião de Limeira comprados por meio do PNAE, durante o período letivo de 2019, segundo a amostragem deste trabalho, foi R\$ 1.018.185,27 (FIGURA 5).

**Figura 5** - Avaliação econômica do serviço de polinização com valores estimados da contribuição dos polinizadores para a venda dos alimentos de acordo com seu grau de dependência do serviço de polinização. Foram considerados os alimentos de origem vegetal in natura ou minimamente processados, comprados por meio do PNAE, durante o período letivo de 2019, para municípios da microrregião de Limeira.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O município de Araras destacou-se com alto valor econômico do serviço de polinização, devido a grande quantidade de alimentos essencialmente dependentes de polinizadores, como: abóbora, abobrinha, chuchu, maçã, melancia, melão e pera, somando juntos R\$ 326.361,79. Nos municípios Leme e Limeira os cultivos com essa mesma dependência somaram R\$ 125.253,77 e R\$ 147.499,41, respectivamente.

A partir do número de alunos matriculados na Educação Básica de cada município (TABELA 2), foi possível encontrar o valor econômico da contribuição dos agentes polinizadores na alimentação escolar por aluno, referente ao período letivo de 2019, sendo: Araras R\$ 13,81; Conchal R\$ 11,23; Cordeirópolis R\$ 10,73; Iracemápolis R\$ 16,93; Leme R\$ 8,88; Limeira R\$ 2,92; Santa Cruz da Conceição R\$ 8,63 e Santa Gertrudes R\$ 5,06.

**Tabela 2** - Dados estatísticos dos municípios da microrregião de Limeira.

<b>Dados</b>	<b>Araras</b>	<b>Conchal</b>	<b>Cordeirópolis</b>	<b>Iracemópolis</b>	<b>Leme</b>	<b>Limeira</b>	<b>Santa C. Conceição</b>	<b>Santa Gertrudes</b>
<b>População (2022)</b>	130.866	28.101	25.514	21.967	98.161	291.869	4.277	23.611
<b>Número de alunos matriculados na Educação Básica (2019)</b>	29.668	6.448	5.216	4.394	21.714	61.290	745	5.350
<b>Índice de Desenvolvimento Humano Municipal 'IDHM' (2010)</b>	0,781	0,708	0,758	0,776	0,744	0,775	0,790	0,737
<b>PIB per capita (2021)</b>	R\$ 50.772,40	R\$ 30.159,50	R\$ 163.554,17	R\$ 85.178,34	R\$ 38.964,09	R\$ 51.678,31	R\$ 35.264,11	R\$ 139.885,74

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE CIDADES, 2023); Sinopse Estatística da Educação Básica (INEP, 2019).

## 5. DISCUSSÃO

A contribuição dos polinizadores desempenhou um papel fundamental para segurança alimentar e diversidade nutricional aos alunos das escolas públicas da microrregião de Limeira por meio do PNAE, visto que os alimentos dependentes do serviço de polinização mais consumidos (TABELA 1) são compostos por nutrientes importantes para o funcionamento do organismo, como, por exemplo, a maçã com alto teor de potássio e fibras; o feijão que oferece ferro e fósforo; a laranja, mamão e tomate ricos em vitamina C, cálcio e magnésio (TACO, 2011), entre outros. Evidências mostram que a saúde e a nutrição das crianças em idade escolar são fatores importantes para melhorar seus resultados de aprendizagem, e programas de alimentação escolar promovem aumento das matrículas, maior frequência e redução da evasão escolar (WFP, 2020). Esses fatores podem estar diretamente ligados aos polinizadores quando relacionamos a dependência de polinização ao PNAE.

A elaboração dos cardápios do PNAE deve conter alimentos variados, respeitando os hábitos alimentares, a cultura e a tradição alimentar local, pautado na sustentabilidade e diversificação agrícola da região (BRASIL, 2009). No entanto, ao observar os alimentos mais consumidos, a maçã, o mamão, a melancia, a goiaba, a tangerina e a pera compõem parte da lista, mas não são cultivados na microrregião de Limeira (IBGE, 2017), apesar de fazerem parte da tradição alimentar local. Outros alimentos dependentes do serviço de polinização como a abobrinha, a berinjela, o chuchu, o pepino e o tomate são produzidos dentro da microrregião pela agricultura familiar (IBGE SIDRA, 2017). Percebe-se que o consumo de verduras e legumes produzidos localmente são mais prevalentes, enquanto as frutas vêm de outras regiões.

Os principais grupos de polinizadores e visitantes florais dos cultivos de alimentos mais consumidos são as abelhas melíferas (*Apis mellifera*), abelhas silvestres sem ferrão e abelhas mamangavas (TABELA 1). A *Apis mellifera* visita dez dos doze alimentos mais consumidos nas escolas da microrregião; devido ao seu comportamento alimentar generalista, a alta adaptabilidade a diferentes ambientes e a facilidade de manejo das colmeias feitas pelo homem, é a espécie de abelha mais comumente manejada para a polinização de cultivos agrícolas (KLEIN et al., 2020). No entanto, muitas espécies diferentes de abelhas silvestres desempenham um papel importante como polinizadoras de diversos cultivos (GARIBALDI et al., 2013) e em muitos casos levam à produção de frutos de melhor qualidade em comparação à polinização realizada por *Apis mellifera* (KLATT et al., 2014, BRITAIN et al., 2014). É

importante que os agricultores tenham conhecimento sobre quais polinizadores visitam seus cultivos para um manejo que otimize a produção agrícola, incluindo os polinizadores silvestres (KLEIN et al., 2020).

Em outra perspectiva, a avaliação econômica do serviço de polinização é uma estimativa importante para visualizar o valor monetário da contribuição dos agentes polinizadores, sendo uma ferramenta que pode auxiliar em estratégias que equilibram os interesses econômicos e ecológicos. Na microrregião de Limeira estimamos o valor de contribuição dos polinizadores por aluno na alimentação escolar no ano letivo de 2019. Os municípios Iracemápolis, Araras, Conchal e Cordeirópolis alcançaram os valores mais elevados, ou seja, para cada aluno matriculado a participação monetária dos polinizadores na alimentação escolar foi superior a dez reais ao ano. Já os municípios Leme, Santa Cruz da Conceição, Santa Gertrudes e Limeira obtiveram os menores valores de contribuição por aluno, sendo que Limeira e Santa Cruz da Conceição estão entre os municípios com menor percentual de consumo de alimentos in natura ou minimamente processados. Ao comparar estes valores com os dados estatísticos de cada município (TABELA 2), não foi encontrada uma relação direta com o desenvolvimento do município a maiores valores de contribuição dos polinizadores por aluno na alimentação escolar.

Neste sentido, o grande desafio é fornecer informações de viabilidade econômica e de impactos sociais para o manejo de polinizadores sobre a lucratividade do produtor, considerando que o uso sustentável do serviço de polinização pela agricultura dependerá da ação conjunta de diversos tomadores de decisões atuantes em diferentes níveis (SILVA et al., 2021b). Os tomadores de decisão possuem um importante papel na proteção dos polinizadores. No entanto, sua capacidade de atuação é limitada a sua atuação, podendo ser em nível regional, nacional e internacional (SILVA et al., 2021). A amostragem deste estudo pode auxiliar tomadores de decisões da microrregião de Limeira na adoção de medidas de proteção aos polinizadores. Assim como, informações aos agricultores familiares do impacto do serviço de polinização na produção de alimentos, visto que metade do consumo de alimentos de origem vegetal comprados por meio do PNAE é dependente de polinização animal em algum nível.

## **6. CONCLUSÃO**

O trabalho desenvolvido resultou em uma base de dados da alimentação escolar por meio do PNAE para os municípios da microrregião de Limeira. Os dados encontrados

mostraram que 49,99% das toneladas de alimentos in natura ou minimamente processados são dependentes do serviço de polinização em algum nível. Para os alimentos líquidos, o percentual de dependência do serviço de polinização foi de 27,86%. Pode-se concluir que na microrregião de Limeira houve impacto do serviço de polinização na alimentação escolar, confirmando a hipótese que o serviço de polinização promove segurança alimentar na alimentação escolar promovendo maior nutrição aos alunos e, portanto, pode estar relacionada ao rendimento e menor evasão escolar. Conclui-se, ainda, que dentro da amostragem deste trabalho há a necessidade dos municípios Conchal, Limeira e Santa Cruz da Conceição aumentem o consumo de alimentos in natura ou minimamente processados e diminuam os alimentos ultraprocessados. Esses dados podem auxiliar os tomadores de decisões em âmbito local para a criação de políticas públicas para o incentivo de práticas agrícolas amigáveis aos polinizadores e para o consumo de alimentos produzidos na própria região, incentivando a sustentabilidade dentro do PNAE.

## 7. APÊNDICES

**Apêndice 1** - Classificação da dependência do serviço de polinização de cada alimento de origem vegetal comprado por meio do PNAE, no período letivo de 2019, para os municípios da microrregião de Limeira.

Nome popular	Nome científico	Dependência de polinização	Taxa de dependência	Referência bibliográfica
Abóbora	<i>Cucurbita maxima</i> Duchesne	Essencial	0,95	Giannini et al. (2015)
Abobrinha	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Essencial	0,95	Giannini et al. (2015)
Abóbora Paulista	<i>Cucurbita moschata</i> Duchesne	Essencial	0,95	Giannini et al. (2015)
Chuchu	<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Swartz	Essencial	0,95	Wille & Orozco (1993)
Maça	<i>Malus domestica</i> (L.)	Essencial	0,95	BPBES-REBIPP (2019)
Maracujá	<i>Passiflora edulis</i> (Sims)	Essencial	0,95	Giannini et al. (2015)
Melancia	<i>Citrullus lanatus</i> (Citrullus)	Essencial	0,95	Giannini et al. (2015)
Melão	<i>Cucumis melo</i> (L.)	Essencial	0,95	Giannini et al. (2015)
Kiwi	<i>Actinidia deliciosa</i>	Essencial	0,95	Klein et al. (2007)
Pera	<i>Pyrus communis</i> (L.)	Essencial	0,95	BPBES-REBIPP (2019)
Abacate	<i>Persea americana</i> (Mill.)	Alta	0,65	Giannini et al. (2015)
Acerola	<i>Malpighia emarginata</i> DC.	Alta	0,65	Klein et al. (2020)
Ameixa	<i>Prunus domestica</i>	Alta	0,65	BPBES-REBIPP (2019)
Berinjela	<i>Solanum melongena</i>	Alta	0,65	BPBES-REBIPP (2019)
Manga	<i>Mangifera indica</i> (L.)	Alta	0,65	Giannini et al. (2015)
Morango	<i>Fragaria</i> spp. (L.)	Alta	0,65	BPBES-REBIPP (2019)
Pepino	<i>Cucumis sativus</i> (L.)	Alta	0,65	Giannini et al. (2015)
Urucum	<i>Bixa orellana</i> L.	Alta	0,65	BPBES-REBIPP (2019)
Tangerina	<i>Citrus reticulata</i>	Alta	0,65	BPBES-REBIPP (2019)
Goiaba	<i>Psidium guajava</i> L.	Modesta	0,25	Klein et al. (2020)
Laranja	<i>Citrus</i> spp. L.	Modesta	0,25	BPBES-REBIPP (2019)
Pimentão	<i>Capsicum annuum</i> (L.)	Modesta	0,25	BPBES-REBIPP (2019)
Pimenta	<i>Capsicum annuum</i> var. <i>annuum</i>	Modesta	0,25	Oliveira et al. (2011)
Vagem	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Modesta	0,25	BPBES-REBIPP (2019)
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Modesta	0,25	BPBES-REBIPP (2019)
Limão	<i>Citrus maxima</i>	Pouca	0,05	Klein et al. (2007)
Mamão	<i>Carica papaya</i> (L.)	Pouca	0,05	Giannini et al. (2015)
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Pouca	0,05	Giannini et al. (2015)
Uva	<i>Vitis</i> spp. (L.)	Pouca	0,05	BPBES-REBIPP (2019)
Arroz	<i>Oryza</i> spp. (L.)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i> ((L.) Merr.)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Aveia	<i>Avena sativa</i> (L.)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Acelga	<i>Beta vulgaris</i>	Sem incremento	0	Klein et al. (2007)
Alface	<i>Lactuca sativa</i> (L.)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Alho	<i>Allium sativum</i> (L.)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)

Alho-poró	<i>Allium porrum</i>	Sem incremento	0	
Banana	<i>Musa</i> spp.	Sem incremento	0	BPBES-REBIPP (2019)
Batata	<i>Solanum tuberosum</i> (L.)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Batata-doce	<i>Ipomoea batatas</i> ((L.) Lam.)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Beterraba	<i>Beta vulgaris</i> L.	Sem incremento	0	Klein et al. (2020)
Brócolis	<i>Brassica chinensis</i>	Sem incremento	0	BPBES-REBIPP (2019)
Cará	<i>Dioscorea alata</i> L.	Sem incremento	0	
Cebola	<i>Allium cepa</i> (L.)	Sem incremento	0	Klein et al. (2020); Roubik (2018)
Cebolinha	<i>Allium schoenoprasum</i> L.	Sem incremento	0	Roubik (2018)
Cenoura	<i>Daucus carota</i> (L.)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015); Klein et al. (2020)
Chicória	<i>Cichorium intybus</i> L.	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Couve	<i>Brassica oleracea</i> L.	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Couve-flor	<i>Brassica chinensis</i>	Sem incremento	0	BPBES-REBIPP (2019)
Ervilha	<i>Pisum sativum</i> L.	Sem incremento	0	Klein et al. (2007)
Espinafre	<i>Spinacia oleracea</i> L.	Sem incremento	0	Klein et al. (2020)
Hortelã	<i>Mentha spicata</i>	Sem incremento	0	
Inhame	<i>Dioscorea</i> spp. (L.)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Manjericão	<i>Ocimum basilicum</i>	Sem incremento	0	
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i> (Crantz)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Mandioquinha	<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancr.	Sem incremento	0	Klein et al. (2007)
Milho	<i>Zea mays</i> (L.)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Orégano	<i>Origanum vulgare</i> L.	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Sem incremento	0	Malerbo-Souza et al. (2001)
Repolho	<i>Brassica chinensis</i> (L.)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)
Rúcula	<i>Eruca sativa</i> L.	Sem incremento	0	Klein et al. (2007)
Salsinha	<i>Petroselinum crispum</i> Mill.	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015); Roubik (2018)
Trigo	<i>Triticum</i> spp. (L.)	Sem incremento	0	Giannini et al. (2015)

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

**Apêndice 2** - Quantidade em toneladas e litros de alimentos comprados pelo PNAE, no período letivo de 2019, para os municípios da microrregião de Limeira, segundo seu nível de processamento.

<b>Município</b>	<b>Classificação Guia Alimentar Brasileiro</b>	<b>Quantidade em toneladas (t)</b>	<b>Quantidade em litros (l)</b>
Araras	Alimento in natura ou minimamente processado	454,368	600
	Alimento processado	0	0
	Alimento ultraprocessado	82,453	5863
	Ingrediente culinário processado	20,119	981
<b>Total Araras</b>		<b>556,940</b>	<b>7444</b>
Conchal	Alimento in natura ou minimamente processado	75,783	41050
	Alimento processado	0,621	0
	Alimento ultraprocessado	27,800	0
	Ingrediente culinário processado	1,679	1519
<b>Total Conchal</b>		<b>105,883</b>	<b>42569</b>
Cordeirópolis	Alimento in natura ou minimamente processado	83,513	15100
	Alimento processado	0	0
	Alimento ultraprocessado	15,992	1
	Ingrediente culinário processado	0,034	203
<b>Total Cordeirópolis</b>		<b>99,539</b>	<b>15304</b>
Iracemápolis	Alimento in natura ou minimamente processado	119,195	3000
	Alimento processado	2,303	0
	Alimento ultraprocessado	11,646	984
	Ingrediente culinário processado	2,871	1260
<b>Total Iracemápolis</b>		<b>136,015</b>	<b>5244</b>



Leme	Alimento in natura ou minimamente processado	393,584	0
	Alimento processado	1,634	0
	Alimento ultraprocessado	5,269	17548
	Ingrediente culinário processado	1,722	2516
	Não se aplica	1,040	0
<b>Total Leme</b>		<b>403,249</b>	<b>20063</b>
Limeira	Alimento in natura ou minimamente processado	211,518	96026
	Alimento processado	2,130	0
	Alimento ultraprocessado	69,671	19
	Ingrediente culinário processado	2,888	2280
<b>Total Limeira</b>		<b>286,207</b>	<b>98325</b>
Santa Cruz da Conceição	Alimento in natura ou minimamente processado	5,992	4998
	Alimento processado	0,100	0
	Alimento ultraprocessado	2,539	0
	Ingrediente culinário processado	0,010	0
	Não se aplica	0,270	0
<b>Total Santa Cruz da Conceição</b>		<b>8,911</b>	<b>4998</b>
Santa Gertrudes	Alimento in natura ou minimamente processado	64,434	0
	Alimento processado	2,668	0
	Alimento ultraprocessado	13,842	19054
	Ingrediente culinário processado	0,952	1431
<b>Total Santa Gertrudes</b>		<b>81,896</b>	<b>20485</b>
<b>Total geral</b>		<b>1.678,640</b>	<b>214432</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, N. C. D. A. et al. IMPACTO DO PNAE NA AGRICULTURA FAMILIAR: uma revisão da literatura. **Extensão Rural: desafios e perspectivas para o fortalecimento de práticas agrícolas sustentáveis**, v.1, n.1, p. 163-181, 2022.
- BPBES/REBIPP. Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. **Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos**. 1ª edição, São Carlos, SP: Editora Cubo, 2019, 184 p.
- BRASIL. Lei n. 11.947 de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre: o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jun 2009. Disponível em: [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). Acesso em: 20 nov 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. edição, Brasília: Ministério da Saúde, 2014, 156 p.
- BREEZE et al. Economic measures of pollination services: shortcomings and future directions. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 31, n. 12, p. 927-939, 2016.
- BRITTAIN et al. Pollination and plant resources change the nutritional quality of almonds for human health. **PLoS ONE**, v. 9, e90082, 2014.
- COSTANZA et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253–260, 1997.
- DÍAZ, S. et al. Assessing nature's contributions to people. **Science**, v. 359, n. 6373, p. 270-272, 2018.
- EILERS, E.J. et al. Contribution of Pollinator-Mediated Crops to Nutrients in the Human Food Supply. **PLoS ONE**, v. 6, n. 6, e21363, 2011.
- FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (2022). Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/programas/pnae>. Acesso em: 20 nov 2022.
- GALLAI et al. Economic valuation of the vulnerability of the world agriculture confronted with pollination decline. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 810–821, 2009.
- GALLAI, N.; VAISSIÈRE, B. E. **Guidelines for the economic valuation of pollination services at a national scale**. FAO, Rome, 2009.
- GARIBALDI et al. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. **Science**, v. 80, n. 339, p. 1608-1611, 2013.
- GIANNINI et al. The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 3, p. 849-857, 2015.

HIPÓLITO et al. Valuing nature's contribution to people: the pollination services provided by two protected areas in Brazil. **Global Ecology and Conservation**, v. 20, n. 782, p. 1-11, 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/limeira/panorama>. Acesso em: 3 out 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2017a. Disponível em: [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/pdf/agricultura\\_familiar.pdf](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pdf/agricultura_familiar.pdf). Acesso em: 3 out 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2017b. Disponível em: [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76337](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76337). Acesso em: 3 out 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sidra 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6955>. Acesso em: 3 out 2023.

INEP - INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Sinopse Estatística da Educação Básica 2019. Brasília: Inep, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/sinopses-estatisticas/educacao-basica>. Acesso em: 5 out 2023.

IPBES. **Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production**. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany, 2016, 36 p.

IPBES: **Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**. IPBES secretariat, Bonn, Germany. 2019, 56 p.

KLATT et al. (2014) Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 281: 20132440, 2014.

KLEIN et al. Importance of pollinators in changing lands - capes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

KLEIN et al. A Polinização Agrícola por Insetos no Brasil - Um Guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas. **Freiburg: Nature Conservation and Landscape Ecology, Albert-Ludwigs University Freiburg**, 2020, 163 p.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island press, 2005.

MONTEIRO et al. NOVA. A estrela brilha. Classificação dos alimentos. Saúde Pública, **World Nutrition**, v. 7, n. 1-3, 2016.

MOODIE et al. Profits and pandemics: prevention of harmful effects of tobacco, alcohol, and ultra-processed food and drink industries. **The Lancet**, v. 381, n. 9867, p. 670-679, 2013.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. WFP lança Estudo de Alimentação Escolar em português.

Disponível em:

<https://brasil.un.org/pt-br/146649-wfp-lanca-estudo-de-alimentacao-escolar-em-portugues>.

Acesso em: 20 jun 2022.

PETRINI, C. **Slow Food: princípios da nova gastronomia**. São Paulo: Senac, 2009. 245 p.

PORTO et al. Pollinator-dependent crops in Brazil yield nearly half of nutrients for humans and livestock feed. **Global Food Security**, v. 3, 100587, 2021.

POTTS, S G. et al. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, n. 7632, p. 220-229, 2016

ROUBIK, D.W. The pollination of cultivated plants: a compendium for practitioners. **Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO)**, Roma, 2018, 324 p.

SILVA, F. D. S. et al. Virtual pollination trade uncovers global dependence on biodiversity of developing countries. **Sci. Adv.**, v.7, eabe6636, 2021a.

SILVA, F. D. S. et al. A valoração econômica da polinização agrícola como forma de orientar estratégias de proteção aos polinizadores. **Revista Panorâmica**, p. 159-182, 2021b.

TACO - TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-de-produtos-origem-vegetal/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/tabela-brasileira-de-composicao-de-alimentos\\_taco\\_2011.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-de-produtos-origem-vegetal/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/tabela-brasileira-de-composicao-de-alimentos_taco_2011.pdf). Acesso em: 29 nov 2023.

VOLLSET S. E. et al. Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study. **The Lancet**, v. 396, n. 10258, p. 1285-1306, 2020.

WFP World Food Programme. **Estado da Alimentação Escolar no Mundo 2020**. Roma, Programa Mundial de Alimentos, 2020, 240 p.