

SÍLVIA OLIVEIRA LOPES

**ESTADO NUTRICIONAL DE IODO E FATORES ASSOCIADOS,
SOCIOECÔNOMICOS, DEMOGRÁFICOS, DE SAÚDE E NUTRICIONAIS EM
AGRICULTORES FAMILIARES DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE
VIÇOSA-MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Silvia Eloiza Priore

Coorientadores:

Edimar A. Filomeno Fontes
Ricardo da Silva Santos
Sarah Aparecida Vieira Ribeiro
Sylvia do C. Castro Franceschini

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

L864e
2023
Lopes, Sílvia Oliveira, 1991-
Estado nutricional de iodo e fatores associados,
socioeconômicos, demográficos, de saúde e nutricionais em
agricultores familiares da região geográfica imediata de Viçosa-
MG / Sílvia Oliveira Lopes. – Viçosa, MG, 2023.
1 tese eletrônica (294 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexos.

Inclui apêndices.

Orientador: Sílvia Eloiza Priore.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Nutrição e Saúde, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.338>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Segurança alimentar - Viçosa (MG). 2. Trabalhadores rurais - Nutrição. 3. Iodo. 4. Ferro. 5. Selênio. 6. Zinco. 7. Glândula tireoide. I. Priore, Sílvia Eloiza, 1957-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Nutrição e Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição. III. Título.

CDD 22. ed. 363.8098151


SÍLVIA OLIVEIRA LOPES

**ESTADO NUTRICIONAL DE IODO E FATORES ASSOCIADOS,
SOCIOECÔNICOS, DEMOGRÁFICOS, DE SAÚDE E NUTRICIONAIS EM
AGRICULTORES FAMILIARES DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE
VIÇOSA-MG**


Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 17 de fevereiro de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 SILVIA OLIVEIRA LOPES
Data: 25/05/2023 14:05:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Sílvia Oliveira Lopes
Autora

Documento assinado digitalmente
 SILVIA ELOIZA PRIORE
Data: 29/05/2023 15:25:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Silvia Eloiza Priore
Orientadora

*Gratidão às muitas mãos que construíram
este projeto comigo!*

AGRADECIMENTOS

Obrigada Senhor Jesus, por me permitir vencer esta etapa, e à Maria por estar à frente guardando e protegendo os caminhos que percorri até aqui. Peço que estejam sempre a minha frente abrindo portas e porteiras, janelas e corações. Amém! Lugar especial no meu coração e na vida, para minha família, meus amores, presentes de Deus! Minha pequena Maria Teresa, meu amor, meu retorno, minha luz, obrigada filhinha por encher meus dias, por me trazer de volta nas tempestades! Obrigada por escancarar em mim uma força que nem mesmo eu conhecia. Cresça pequena, cheia de luz, seja feliz, mamãe finaliza este ciclo com a certeza de que foi para você. Ser seu exemplo é meu maior desafio! Te amo, obrigada Jesus e todas as Santas Teresa pela minha pequena!

Obrigada marido, Mateus, por estar comigo nesta caminhada, sei que não foi fácil, mas estamos vencendo juntos! Mãe e pai, Carminha e José Eugênio, meus heróis, obrigada por não medirem esforços para me ajudarem! Esta vitória é de vocês também! Pai, obrigada por emprestar o carro para as coletas e pelo exemplo, políticas públicas é “discussão de família”! Letícia e Júnior, meus irmãos, meu pequeno Carlos Sérgio, obrigada por completarem minha vida e me fazerem ver que sou capaz! À minha sogra, Cida, por acreditar no meu trabalho e me apoiar diariamente, aos meus cunhados e cunhadas pelo apoio! Gratidão a toda a minha família pelo afeto e compreensão.

Tive anjos que me conduziram ao fechamento deste ciclo, um deles tem por nome, Silvia Eloiza Priore. Mulher de fibra e coragem na qual me espelho! Sou infinitamente grata a ela por ter me acolhido e me guiado até aqui, orientadora que merece inúmeros títulos não somente os acadêmicos, no qual já coleciona vários, mas também títulos na vida, como: amiga, companheira, madrinha e tantos outros. Gratidão, minha amada professora/orientadora/amiga Dra. Silvia Eloiza Priore!

Aos meus coorientadores, que equipe maravilhosa, me sinto parte de um time de “feras”! Profa. Edimar, exemplo de competência, afeto e acolhimento, abriu as portas do seu laboratório e da vida para nos incluir e fazer de nós um time! Muito obrigada professora, que possamos nos encontrar muito nos caminhos da vida! À Profa. Sylvia Franceschini exemplo de força e luta, muito obrigada por estar comigo nesta caminhada! À Profa. Sarah, que é parte deste projeto, que sua doçura e seu olhar tranquilo possa sempre estar presente, que São Bento continue te livrando de

todo mal e abençoando sua vida, grata por tê-la comigo! Ao Prof. Ricardo que sempre nos motiva a ir além, com objetividade e foco! Gratidão a todos vocês!

A minha amiga e companheira de projeto, Edna! Como fechar este ciclo e não destacar o quanto você foi primordial? Deus sabe de todas as coisas e coloca no nosso caminho pessoas como você que completam a nossa vida. Obrigada por viver este desafio comigo, muito obrigada minha amiga! Que os frutos de amor, saúde e paciência prospere em sua vida! Você merece sempre o melhor!

À “Nossa pequena” Sabrina, obrigada por estar conosco, seu “frescor graduando”, amizade e responsabilidade completaram o nosso time. A Jérsica pelo apoio. Às amigas Deyliane, Zanja, Day e Carina, que felicidade e benção compartilhar com vocês este ciclo, obrigada pelo carinho meninas! Aos amigos da pós Aline, Francilene, Débora, Almeida, Núbia, Alessandra, Ariane, Jessica, Sheila, Carla e Rapieque coisa boa dividir este caminhar ao lado de vocês!

Aos agricultores e agricultoras que nos acolheram e acreditam no nosso trabalho, assim como os municípios na pessoa do executivo, das secretárias, conselhos e sindicatos. À Empresa de Assistência Técnica e Extensão de Minas Gerais que executam um brilhante trabalho e deve ser valorizado e reconhecido!

São tantas as pessoas que passaram pela minha vida durante este período da pós e uma frase de Antoine de Saint-Exupéry contempla tamanha a importância destas pessoas na minha história: “Aqueles que passam por nós não vão sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.” Gratidão à Paula Trivellato, Naiara Sperandio, Ignácio, Bruna, Robertinha, Silmara, Lucimar, Lívia, Valter, Poliana, Karen Natália, Mariana Alves, Laís, Gessyca Corzino, Cíntia Donatelli, Luiza, Natália Liberto, Davi, Professora Maria Sônia, Professora Glauce, Professora Luiza, Professora Carminha, Professor Renato, Professora Ana Íris, Professor José Humberto, Professor Sérgio da Matta, Professora Dione e Professora Helen me atrevi a tentar lembrar de todos com que trabalhei. Graças à Deus sempre fui cercada de tanta gente bacana que com certeza a memória deve ter falhado.

Aos meus professores e professoras desde à pré-escola ao ensino médio, Silvana, Rita, Gegena, Dora, Carminha, Rosarina, Carlota, Carlinhos, Silvio, Maria de Fátima, Isabel, Júlio, Neuza, Anderson, Mauro, Márcia, Ana Lúcia, Finha, Dalva, Meiry, Lúcia e Abiney. Vocês foram a base para que eu pudesse aqui estar, muito obrigada!

Obrigada a todos os professores e funcionários do Departamento de Nutrição e Saúde que foi “minha casa” durante estes 13 anos. Ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia/UFV que é “minha raiz” e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição pelo apoio e empenho em nos ajuda a crescer como mestres e doutores. À UFV que simboliza na minha história desafio e propulsão! À todas as pessoas que não conheço, mas que gerenciam as agências de fomento brasileiras que com certeza tem que diariamente justificar a importância de se fazer pesquisa neste país. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão do financiamento deste projeto. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio.

Enfim, gratidão aos inúmeros obstáculos que solidificaram meus valores e posturas ao longo deste processo chamado pós-graduação!

*“não apenas saber que vivia mas saber que sabia e,
assim, saber que podia saber mais”*

(Paulo Freire, 1993)

RESUMO

LOPES, Sílvia Oliveira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2023. **Estado nutricional de iodo e fatores associados, socioeconômicos, demográficos, de saúde e nutricionais em agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-MG.** Orientadora: Sílvia Eloiza Priore, Coorientadores: Edimar Aparecida Filomeno Fontes, Ricardo da Silva Santos, Sarah Aparecida Vieira e Sílvia do Carmo Castro Franceschini

Os micronutrientes são importantes para o funcionamento do organismo. Processos de deficiência ou excesso destes nutrientes trazem como consequências o aparecimento de doenças. O objetivo deste trabalho foi associar fatores sociais, antropométricos, bioquímicos, químicos, nutricionais e de insegurança alimentar ao estado nutricional de iodo em adultos agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-MG. O projeto obteve aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (n.2.496.986). Realizou-se cálculo amostral, totalizando 306 agricultores e agricultoras a serem avaliados no meio rural de oito cidades da Região Geográfica Imediata de Viçosa-MG, Brasil. Foram realizadas com o uso de questionários semiestruturados com auxílio de ligação telefônica a coleta de informações socioeconômicas, demográficas, de estilo de vida, condições de saúde, autorrelatadas e exames bioquímicos, e consumo alimentar. Era agendada visita domiciliar para a coleta das amostras de urina e de alimentos. Foram realizadas dosagens bioquímicas para avaliação da função tireoidiana, estado nutricional de iodo, ferro, selênio e zinco. Realizou-se análise química de sal de consumo domiciliar, do conteúdo de iodo no tempero e nos alimentos. As análises estatísticas foram realizadas no software SPSS versão 20.0 e Stata versão 14. O conjunto mínimo de possíveis fatores associados, assim como viés de confusão e seleção foram determinadas pelo Directed Acyclic Graph (DAG) no programa DAGitty® versão 3.0. Realizou-se regressão logística e linear a depender do objetivo. Além de testes de comparação de médias e medianas. Para todas as análises foi adotado $p < 0,05$. Como resultados foi encontrado uma ingestão insuficiente 18.9% (n=58) dos agricultores e inadequada pelo excesso 49.4% (n= 151). Observou-se que os indivíduos que utilizavam tempero industrializado (OR=1,815; IC95:1,060– 3,109) e que tinham hipercolesterolemia (OR=4,830; IC95:1,596 -14,623) apresentaram maior chance de ingestão excessiva de iodo. Os agricultores que faziam uso de

tempero caseiro apresentaram maior chance de CIU insuficiente (OR=2,710; IC95:1,221 – 6,015). Entre os sexos foi encontrada diferenças quanto a renda, pontuação da EBIA, IMC, Hemoglobina, TSH e T3. Nos modelos finais da análise de regressão linear múltipla foi observado que o aumento do TSH se relaciona com o aumento da idade e as concentrações séricas de T3 também se relacionaram ao aumento da hemoglobina. Quanto a comparação entre os quartis, houve diferença entre os quartis 1 e 2 de T4 Livre para média de Selênio (p=0,003), 1 e 3 para VCM (fL) (p=0,029); 2 e 3 para Hemoglobina (g/dL) (p=0,025). Para Tireoglobulina, houve diferença entre 1 e 2, 1 e 4 para VCM (fL) (p=0,028; p< 0,001, respectivamente), HCM (pg) 1 e 4 (p= 0,008), 3 e 4 (p=0,005) e CHCM (g/dL) 2 e 3 (p=0,026). Entre os quartis de T3 teve-se diferença nas médias entre 1 e 4 para Hemoglobina (p=0,003) e RDW (%) 2 e 3 (p=0,025). Para as 580 amostras de alimentos produzidos pelos agricultores familiares e analisadas neste projeto, não foi encontrada diferença entre os cultivares de alface, couve e feijão. Houve diferença entre as cidades no conteúdo de iodo para ovos (p≤0,001), queijo (p=0,028) e leite (p=0,001). Não foi encontrado diferença entre as estações do ano quanto ao conteúdo de iodo na couve e alface. Há uma complexidade no processo de avaliação do estado nutricional de iodo e possíveis fatores associados, exigindo mais estudos para o seu aprofundamento. Além de, proposição de ações educativas incentivando uma alimentação saudável. Há que se considerar que existem grupos prioritários no que tange a avaliação de deficiências, porém os resultados deste estudo exemplificam a necessidade de uma avaliação considerando também adultos.

Palavras-chave: Tese. Pós-graduação. Iodo. Tireoide. Deficiência de Iodo. Ferro. Anemia. Zinco. Selênio. Segurança Alimentar e Nutricional. Meio rural. Comunidades Rurais. Trabalhadores Rurais

ABSTRACT

LOPES, Sílvia Oliveira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2023. **Iodine nutritional status and associated socioeconomic, demographic, health and nutritional factors in family farmers in the Immediate Geographic Region of Viçosa-MG.** Advisor: Silvia Eloiza Priore, Advisors: Co-advisors: Edimar Aparecida Filomeno Fontes, Ricardo da Silva Santos, Sarah Aparecida Vieira and Sylvia do Carmo Castro Franceschini

Micronutrients are important for the body to function. Processes of deficiency or excess of these nutrients result in the appearance of diseases. The aim of this study was to associate social, anthropometric, biochemical, chemical, nutritional and food insecurity factors with the nutritional status of iodine in family adults in the Immediate Geographic Region of Viçosa-MG. The project was approved by the Ethics Committee and Research with Human Beings of the Federal University of Viçosa (n.2.496.986). A sample calculation was carried out, totaling 306 farmers and farmers to be evaluated in the rural areas of eight cities in the Immediate Geographical Region of Viçosa-MG, Brazil. Socioeconomic, demographic, lifestyle, health conditions and food consumption information were collected using semi-structured tests with the aid of a telephone call. A home visit was scheduled for the collection of urine and food samples. Biochemical measurements were performed to assess thyroid function, nutritional status of iodine, iron, selenium and zinc. Chemical analysis of household salt, iodine content in seasoning and food was carried out. Statistical analyzes were performed using SPSS version 20.0 and Stata version 14. The minimum set of possible associated factors, as well as confounding and selection bias, were determined by the Directed Acyclic Graph (DAG) in the DAGitty® program version 3.0. Logistic and linear regression was performed depending on the objective. In addition to comparison tests of means and medians. For all analyses, $p < 0.05$ was adopted. As a result, insufficient intake was found in 18.9% ($n=58$) of the farmers and inadequate intake by excess in 49.4% ($n=151$). It was observed that individuals who used industrialized seasoning (OR=1.815; CI95:1.060–3.109) and who had hypercholesterolemia (OR=4.830; CI95:1.596 -14.623) had a greater chance of excessive iodine intake. Farmers who used homemade seasoning were more likely to have insufficient IUC (OR=2.710; CI95:1.221 – 6.015). Differences were found between genders regarding income, EBIA score, BMI, Hemoglobin, TSH and T3. In the final models of the multiple linear

regression analysis, it was observed that the increase in TSH is related to the increase in age and the serum concentrations of T3 were also related to the increase in hemoglobin. As for the comparison between quartiles, there was difference between quartiles 1 and 2 of Free T4 for Selenium mean ($p=0.003$), 1 and 3 for VCM (fL) ($p=0.029$); 2 and 3 for Hemoglobin (g/dL) ($p=0.025$). For Thyroglobulin, there was a difference between 1 and 2, 1 and 4 for VCM (fL) ($p=0.028$; $p< 0.001$, respectively), HCM (pg) 1 and 4 ($p= 0.008$), 3 and 4 ($p=0.005$) and CHCM (g/dL) 2 and 3 ($p=0.026$). Between the T3 quartiles there was a difference in means between 1 and 4 for Hemoglobin ($p=0.003$) and RDW (%) 2 and 3 ($p=0.025$). For the 580 food samples produced by family farmers and analyzed in this project, no difference was found between lettuce, cabbage and bean cultivars. There was a difference between cities in the iodine content of eggs ($p\leq 0.001$), cheese ($p=0.028$) and milk ($p=0.001$). No difference was found between the seasons in terms of iodine content in kale and lettuce. There is a complexity in the process of evaluating the nutritional status of iodine and possible associated factors, requiring further studies for its deepening. In addition to proposing educational actions encouraging healthy eating. It must be considered that there are priority groups regarding the assessment of disabilities, but the results of this study exemplify the need for an assessment also considering adults

Keywords: Thesis. Postgraduate studies. Iodine. Thyroid. Iodine deficiency. Iron. Anemia. Zinc. Selenium. Food and nutrition security. Countryside. Rural Communities. Rural workers

LISTA DE FIGURAS

Revisão de Literatura	Página
Figura 1. Classe de idade do agricultor, segundo dados do Censo Agropecuário 2006 e 2017	28
Figura 2. Mapa de densidade para o percentual (cores) e número (pontos) de residentes rurais – Microrregiões Brasileiras, 1991 e 2010.	29
Figura 3. Descrição dos graus de segurança e insegurança alimentar, segundo a Escala Brasileira de Insegurança Alimentar (EBIA)	32
Figura 4. Situação de Segurança e Insegurança Alimentar da população rural e brasileira	33
Figura 5. Proposição de dimensões da Segurança Alimentar e Nutricional segundo 15º Relatório do Painel de Especialista em Segurança Alimentar e Nutricional.	36
Figura 6. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	37
Figura 7. Diretrizes da Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN)	39
Figura 8. Diretrizes da Política Nacional de Saúde Integral das Populações do Campo e da Floresta (PNSIPCF)	39
Figura 9. Diretrizes da Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PNSAN).	40
Figura 10. Diretrizes da Política Nacional de Atenção Básica (PNAB)	40
Figura 11. Diretrizes da Política Nacional de Promoção da Saúde (PNPS)	41
Figura 12. Diretrizes da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO)	41
Figura 13. Formação dos hormônios tireoidianos: participação dos minerais e enzimas	44
Figura 14. O efeito Wolff-Chaikoff.	49
Figura 15. Evolução histórica da Política de Iodação do Sal no Brasil, concentrações de iodo (mg) para kg de sal.	50

Materiais e métodos

Figura 16. Etapas do projeto “Fatores associados ao estado nutricional de iodo em adultos agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-MG” **61**

Resultados e discussão

Artigo de revisão 1. Nutritional status of iodine and association with iron, selenium and zinc in population studies: a systematic review and meta-analysis

Figure 1. Scheme of the methodology adopted for the systematic review **84**

Figure 2. Risk of bias assessment according to the Joanna Briggs Institute's risk of bias assessment tool (2017) according to study design: A = for cross-sectional studies; B=Control case; C=Randomized clinical trial and D=Cohor **85**

Figure 3. Relationship between methods for assessing nutritional status of iodine with selenium, iron and zinc. **87**

Figure 4. Meta-analysis of the correlation coefficients between the nutritional status of iodine (T3, T4, TSH, and UIC) and that of iron (serum iron, ferritin and hemoglobin), selenium and zinc. **88**

Artigo de revisão 2. Food insecurity and micronutrient deficiency in adults: a systematic review and meta-analysis

Figure 1. Schematic representation of the methodology used to prepare the systematic review (PAGE *et al.*, 2021). **124**

Figure 2. Risk of bias assessment for cross-sectional studies according to the Joanna Briggs Institute's risk of bias assessment tool. **129**

Figure 3. Meta-analysis of the association between food insecurity and anemia (A), low ferritin (B), vitamin D deficiency (C), and vitamin A (D) in adult individuals **130**

Artigo de revisão 3. Estado nutricional de iodo, ferro, selênio e zinco, indicadores utilizados e fatores associados em adultos brasileiros: uma revisão sistemática

Figura 1. Representação esquemática da metodologia utilizada para a confecção da revisão sistemática. **167**

Figura 2. Avaliação do risco de viés segundo ferramenta do Instituto Joanna Briggs (2017) **174**

Artigo original 1. Prevalência e fatores associados ao estado nutricional de iodo de agricultores familiares

Figura 1. Gráfico acíclico direcionado (DAG) de possíveis fatores associados ao estado nutricional de iodo pela Concentração de Iodo Urinário (CIU).

198

Artigo original 2. Correlação entre os indicadores de função tireoidiana com estado nutricional de ferro, selênio, iodo e zinco em adultos agricultores familiares

Figura. Comparação de valores médios de VCM (fL), HCM (pg), CHCM (g/dL), RDW (%), Selênio ($\mu\text{g/L}$) e Hemoglobina (g/dL), segundo Quartis de T4 Livre (A, B, C), Tireoglobulina (D, E, F) e T3 (G, H) de adultos agricultores familiares, Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022.

226

LISTA DE TABELAS

Resultados e discussão	Página
Artigo de revisão 1. Nutritional status of iodine and association with iron, selenium and zinc in population studies: a systematic review and meta-analysis	
Table 1. Description of the included studies organized according to study type and year of publication.	99
Table 2. Methods employed for the assessment of nutritional status and association of iodine, iron, selenium, and zinc in population studies.	103
Artigo de revisão 2. Food insecurity and micronutrient deficiency in adults: a systematic review and meta-analysis	
Table 1. Description of the included studies: author, year, country, sample, and objectives	125
Table 2. The instruments used to assess food insecurity, micronutrient deficiencies, and the prevalence across studies.	127
Artigo original 1. Prevalência e fatores associados ao estado nutricional de iodo de agricultores familiares	
Tabela 1. Caracterização socioeconômica, demográfica, utilização de agrotóxico, estilo de vida, histórico familiar de alteração de tireoide, estado nutricional pelo Índice de Massa Corporal (IMC), condições de saúde e consumo alimentar e avaliação do estado nutricional de iodo pela Concentração de Iodo Urinário (CIU) de adultos agricultores familiares	200
Tabela 2. Associação bivariada da Concentração de Iodo Urinário (CIU), condições socioeconômicas, demográfica, utilização de agrotóxico, estilo de vida, histórico familiar de alteração de tireoide, estado nutricional pelo Índice de Massa Corporal (IMC), condições de saúde e consumo alimentar de adultos agricultores familiares	202
Tabela 3. Resultados da regressão logística avaliando a associação de inadequação pelo excesso e insuficiência na ingestão de iodo pela concentração urinária de iodo (CIU), hipercolesterolemia, utilização de tempero caseiro e industrializado de adultos agricultores familiares	204
Tabela 4. Concentração <i>per capita</i> dia do teor de iodo no sal e água de consumo, e em tempero de acordo com a ingestão insuficiente, adequado, mais que adequada e excessiva, segundo a Concentração de Iodo Urinário (CIU) de adultos agricultores familiares.	205

Artigo original 2. Correlação entre os indicadores de função tireoidiana com estado nutricional de ferro, selênio, iodo e zinco em adultos agricultores familiares

Tabela 1. Caracterização socioeconômica, demográfica, situação de segurança alimentar, avaliação antropométrica e bioquímica de homens e mulheres adultos agricultores familiares, Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022. **224**

Tabela 2. Correlação entre indicadores de funcionalidade tireoidiana, características socioeconômicas e demográficas, situação de segurança alimentar e estado nutricional de ferro, selênio, zinco e iodo em adultos agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022. **225**

Artigo original 3. Determinação de iodo em alimentos produzidos por agricultores familiares da Região Geográfica de Viçosa - Minas Gerais/Brasil

Tabela 1. Caracterização socioeconômica, demográfica, situação de segurança alimentar, avaliação antropométrica e bioquímica de homens e mulheres adultos agricultores familiares, Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022. **239**

Tabela 2. Correlação entre indicadores de funcionalidade tireoidiana, características socioeconômicas e demográficas, situação de segurança alimentar e estado nutricional de ferro, selênio, zinco e iodo em adultos agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022. **244**

Tabela 3. Modelos finais da análise de regressão linear entre os indicadores de funcionalidade tireoidiana (variáveis dependentes) e do estado nutricional de ferro e idade em adultos agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022. **244**

Tabela 4. Comparação entre as medianas da concentração de iodo em μg por 100 gramas de alimentos crus produzidos por agricultores familiares, segundo cidade de origem da Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022. **246**

LISTA DE QUADROS

Materiais e métodos	Página
Quadro 1. Usos clínicos de testes bioquímicos para distúrbios da tireoide	45
Quadro 2. Estratificação da Região Geográfica Intermediária de Juiz de Fora	56
Quadro 3. Distribuição do número de indivíduos adultos a serem avaliados segundo proporcionalidade rural	58
Quadro 4. Distribuição do número de indivíduos adultos a serem avaliados segundo proporcionalidade rural e sexo	59
Quadro 5. Pontuação para classificação dos domicílios nas categorias de segurança alimentar	63
Quadro 6. Variável a ser dosada, kit e método utilizado para avaliação das concentrações séricas de ferritina, PCR, Selênio, T3, T4 L, Tireoglobulina, TSH, Zinco e Concentração de Iodo Urinário (CIU)	64
Quadro 7. Variáveis, parâmetros de referência e referência bibliográfica para avaliação das concentrações dosadas para adultos agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-MG	65
Quadro 8. Critérios epidemiológicos para avaliar o estado nutricional em iodo de acordo com a mediana da concentração urinária de iodo em adultos	67
Artigo de revisão 3. Estado nutricional de iodo, ferro, selênio e zinco, indicadores utilizados e fatores associados em adultos brasileiros: uma revisão sistemática	
Quadro 1. Caracterização de estudos segundo referência, ano e local, objetivo, amostra, delineamento, instrumento de avaliação da deficiência do micronutriente (iodo e ferro), prevalências e fatores associados com adultos brasileiros	169

Artigo original 2. Correlação entre os indicadores de função tireoidiana com estado nutricional de ferro, selênio, iodo e zinco em adultos agricultores familiares

Quadro. Variável, kit e método utilizado para avaliação das concentrações séricas de ferritina, PCR, Selênio, T3, T4 L, Tireoglobulina, TSH, Zinco e Concentração de Iodo Urinário (CIU). **219**

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CIU – Concentração de Iodo Urinário
DAG - *Directed Acyclic Graph*
DDI - Deficiência de Iodo
DDIs - Distúrbios por Deficiência de Iodo
DEIs - Distúrbios por Excesso de Iodo
DI - deiodinases I
DII - deiodinases II
DIT - diiodotirosina
EBIA - Escala Brasileira de Insegurança Alimentar
FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
Fe – Ferro
GPx - Glutathione Peroxidase
H₂O₂ - Água oxigenada
IA – Insegurança Alimentar
IAG – Insegurança Alimentar Grave
IAL – Insegurança Alimentar Leve
IAM – Insegurança Alimentar Moderada
IAN – Insegurança Alimentar e Nutricional
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC - Intervalo de confiança
IMC- Índice de massa corporal
kg - Quilogramas
Lilacs - Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde
MIT - Monoiodotirosina
OR- Odds ratio
PNAB – Política Nacional de Atenção Básica
PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNAD – Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios
PNAISAL - Pesquisa Nacional para Avaliação do Impacto da Iodação do Sal
PNAISAL – Pesquisa Nacional para Avaliação do Impacto da Iodação do Sal
PNAN – Política Nacional de Alimentação e Nutrição

PNS - Pesquisa Nacional de Saúde

PNSIPCF - Política Nacional de Saúde Integral das Populações do Campo e da Floresta

POF - Pesquisa de Orçamentos Familiares

POF – Pesquisa de Orçamentos Familiares

Pró-Iodo - Programa Nacional de Prevenção e Controle dos Distúrbios por Deficiência de Iodo

Pró-Iodo - Programa Nacional para Prevenção e Controle dos Distúrbios por Deficiência de Iodo

SA – Segurança Alimentar

SAN – Segurança Alimentar e Nutricional

Se – Selênio

T3 – Triiodotironina

T4 – Tiroxina

Tg - Tireoglobulina

TPO – Tireoperoxidase

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	24
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	28
2.1. Contextualização.....	28
2.1.1. População rural brasileira e mineira.....	28
2.1.2. Insegurança alimentar e nutricional no meio rural brasileiro.....	31
2.1.3. Insegurança alimentar e nutricional e discussões no contexto mundial...	35
2.2. Políticas brasileiras e micronutrientes.....	38
2.3. Estado nutricional de iodo.....	42
2.3.1. Absorção de iodo.....	42
2.3.2. Distúrbios por Deficiência de Iodo (DDI).....	46
2.3.3. Distúrbios por Excesso de Iodo (DEI).....	47
2.3.4. Intervenção e monitoramento da deficiência de iodo.....	49
2.4. Referências.....	50
3. OBJETIVOS.....	55
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	56
4.1. Delineamento e casuística.....	56
4.2. Amostragem.....	57
4.3. Critérios de inclusão e não inclusão.....	59
4.4. Aspectos éticos.....	59
4.5. Estudo piloto.....	62
4.6. Caracterização socioeconômica, demográfica e produção.....	62
4.7. Caracterização das condições de saúde.....	62
4.8. Avaliação da insegurança alimentar.....	63
4.9. Avaliação antropométrica.....	63
4.10. Avaliação bioquímica.....	64
4.11. Determinação das concentrações de iodo em alimentos.....	67
4.12. Determinação da concentração de iodo no sal.....	71
4.13. Determinação da concentração de iodo no tempero.....	72
4.14. Determinação da concentração de iodo na água.....	72
4.15. <i>Directed Acyclic Graph (DAG)</i>	73
4.16. Revisão sistemática e metanálise.....	73

4.17. Análise estatística.....	74
4.18. Referências.....	74
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
5. 1. Artigo de revisão 1. Nutritional status of iodine and association with iron, selenium and zinc in population studies: a systematic review and meta-analysis.....	78
5. 2. Artigo de revisão 2. Food insecurity and micronutrient deficiency in adults: a systematic review and meta-analysis.....	118
5. 3. Artigo de revisão 3. Estado nutricional de iodo, ferro, selênio e zinco, indicadores utilizados e fatores associados em adultos brasileiros: uma revisão sistemática.....	161
5. 4. Artigo original 1. Prevalência e fatores associados ao estado nutricional de iodo de agricultores familiares.....	192
5. 5. Artigo original 2. Correlação entre os indicadores de função tireoidiana com estado nutricional de ferro, selênio, iodo e zinco em adultos agricultores familiares.....	214
5. 6. Artigo original 3. Determinação de iodo em alimentos produzidos por agricultores familiares da Região Geográfica de Viçosa - Minas Gerais/Brasil..	235
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	256
7. APÊNDICES.....	257
7.1. Parecer do Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos/UFV.....	257
7.2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	258
7.3. Cartilha de retorno do projeto.....	260
7.4. Questionário de caracterização socioeconômica, demográfica e produção.....	261
7.5. Questionário de condições de saúde.....	263
7.6. Questionário de caracterização de sal, tempero e água.....	264
7.7. Curvas de calibração utilizadas para análises de alimentos.....	268
7.8. Descrição da avaliação da COVID-19 para os agricultores participantes do projeto.....	272
8. ANEXOS.....	275
8.1. Escala Brasileira de Insegurança Alimentar.....	275
8.2. Determinação da concentração de iodo no sal.....	276

8.3. Determinação da concentração de iodo no tempero.....	280
8.4. Determinação da concentração de iodo na água.....	287

1. INTRODUÇÃO

Os micronutrientes são importantes para o funcionamento dos organismos vivos, podendo ser categorizados, em vitaminas e minerais. Processos de deficiência ou excesso destes nutrientes trazem como consequências o aparecimento de doenças. As deficiências com maior prevalência no mundo são as de iodo, ferro, zinco, folato e vitamina A, definidas como as “Deficiências Globais Generalizadas de Micronutrientes” (BAILEY; WEST; BLACK, 2015; STEVENS *et al.*, 2022).

A deficiência de afeta globalmente 2 bilhões de pessoas (BIBAN; LICHIARDOPOL, 2017) e o excesso de iodo tem sido estudado como fator desencadeador de doenças (OPAZO *et al.*, 2022). O iodo é um micronutriente indispensável para o metabolismo energético, de termorregulação, e para o desenvolvimento físico e mental. Sendo o seu monitoramento uma importante ação em saúde pública, uma vez que, tanto processos de deficiência quanto excessos de iodo, podem repercutir em danos à saúde, denominados, Distúrbios por Deficiência de Iodo (DDI) e Distúrbios por Excesso de Iodo (DEI) (TAYLOR *et al.*, 2018).

Os processos de deficiência e de excesso na ingestão de iodo, podem ocasionar o aparecimento de hipertireoidismo, hipotireoidismo e bócio (XU *et al.*, 2021). Sendo, a deficiência relacionada especialmente, ao aparecimento cretinismo, deficiência intelectual, aumento no risco de perdas gestacionais e mortalidade infantil (TOLOZA; MOTAHARI; MARAKA, 2020; ANDERSSON; BRAEGGER, 2022); e o excesso, a disfunção tireoidiana e tireodite autoimune, dentre outras doenças (LEUNG.; BRAVERMAN, 2014; FAREBROTHER; ZIMMERMANN; ANDERSSON, 2019; WAN *et al.*, 2020).

Embora os DDI sejam um problema que exija ações pontuadas, os DEI também merecem atenção na organização do planejamento das ações públicas, uma vez que, há diferenças entre grupos populacionais, países, e regiões dentro do mesmo país, quando se trata do estado nutricional de iodo (FUGE; JOHNSON, 2015; MA *et al.*, 2022). Reforça-se assim, este trabalho como uma ação de monitoramento e de proposição de ações para a população em estudo, agricultores e agricultoras familiares.

No Brasil, na década de 1950 os DDI, afetavam aproximadamente 20% da população, o que fez com que fossem adotadas medidas de intervenção como, a iodação universal do sal para consumo humano. Esta medida impactou diretamente na prevalência dos DDI, chegando nos anos 2000 à 1,4% (BRASIL, 2008). Esta preconização para a fortificação do sal com iodo emergiu de metas internacionais para o controle desta deficiência, e em 2005, foi criado o Programa Nacional para Prevenção e Controle dos Distúrbios por Deficiência de Iodo (Pró-Iodo), pela Portaria n.º 2.362 de 01/12/2005. Tendo quatro linhas de ação, sendo elas: o monitoramento do teor de iodo do sal para consumo humano, monitoramento do impacto da iodação do sal na saúde da população, atualização dos parâmetros legais e dos teores do sal destinado ao consumo humano e implementação contínua de estratégias de informação, educação, comunicação e mobilização social (BRASIL, 2008).

Porém, mesmo o Brasil sendo considerado um país com ingestão de iodo adequado pela Concentração de Iodo Urinário (CIU) (IODINE GLOBAL NETWORK, 2021), o monitoramento contínuo do estado nutricional de iodo, assim como da fertilização do sal deve ser mantidos, isso porque a principal fonte para a população é o sal de consumo. A exemplo disso, temos os dados da Pesquisa Nacional de Avaliação da Iodação do Sal (PNAISAL), para a população de escolares, grupo de risco para os DDI, onde foram encontrados prevalências de deficiência de 14,1% em escolares rurais e 8,1% em escolares urbanos (SANTOS; CESAR, 2016). Em contraponto, nesta mesma população foi encontrado prevalência de 37,5% de excesso de iodo (CESAR *et al.*, 2020).

Somados as análises de fatores associados com o estado nutricional de iodo, têm-se ainda, a avaliação das concentrações de iodo nos alimentos produzidos pelos agricultores familiares. Estas análises iniciais de alimentos, permitirão explorar a avaliação dos níveis de iodo e assim, utilizar de dados nacionais para o seu monitoramento.

Estes diagnósticos também podem ser categorizados nas estratégias dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS), agenda para 2030, isso porque nos Objetivos 1, 2 e 3 mencionam a importância de uma alimentação de qualidade para o bem-estar e saúde da população e a notoriedade da articulação de ações públicas para

o seu pleno atendimento e conseqüente contribuição com o combate a Fome Oculta e a promoção da Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) (SACHS, 2012; MENSI; UDENIGWE, 2021).

Este trabalho ainda se fortalece como um veículo de promoção de políticas públicas como as: Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN), Política Nacional de Saúde Integral das Populações do Campo e da Floresta (PNSIPCF), Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PNSAN), Política Nacional de Atenção Básica (PNAB) e Política Nacional de Promoção da Saúde (PNPS).

1.1. Referências

- ANDERSSON, M.; BRAEGGER, C. P. The role of iodine for thyroid function in lactating women and infants. **Endocrine reviews**, v. 43, n. 3, p. 469-506, 2022.
- BAILEY, R. L.; WEST J.R.; Keith P.; BLACK, Robert E. The epidemiology of global micronutrient deficiencies. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 66, n. Suppl. 2, p. 22-33, 2015.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Manual Técnico e Operacional do Pró-Iodo: Programa Nacional para a Prevenção e Controle dos Distúrbios por Deficiência de Iodo. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/33916/395584/manual_tecnico_operacional_proiodo.pdf/31a00af4-db7c-4064-a006-8316b8016647. Acesso em: 2 de janeiro de 2023.
- CESAR, J. A. *et al.* Iodine status of Brazilian school-age children: a national cross-sectional survey. **Nutrients**, v. 12, n. 4, p. 1077, 2020.
- FAREBROTHER, J.; ZIMMERMANN, M. B.; ANDERSSON, M. Excess iodine intake: sources, assessment, and effects on thyroid function. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1446, n. 1, p. 44-65, 2019.
- FUGE, R.; JOHNSON, C. C. Iodine and human health, the role of environmental geochemistry and diet, a review. **Applied Geochemistry**, v. 63, p. 282-302, 2015.
- IODINE GLOBAL NETWORK (IGN). Global scorecard of iodine nutrition in 2021: in the general population based on school-age children (SAC). Disponível em: https://www.ign.org/cm_data/IGN_Global_Scorecard_2021_7_May_2021.pdf. Acesso em: 2 de janeiro de 2023.
- LEUNG, A. M.; BRAVERMAN, L. E. Consequences of excess iodine. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 10, n. 3, p. 136-142, 2014.

MA, R. et al. Deficiency and excess of groundwater iodine and their health associations. **Nature Communications**, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2022.

MENSI, A.; UDENIGWE, C. C. Emerging and practical food innovations for achieving the Sustainable Development Goals (SDG) target 2.2. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 783-789, 2021.

OPAZO, M. C. *et al.* The impact of the micronutrient iodine in health and diseases. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 6, p. 1466-1479, 2022.

SACHS, J. D. From Millennium Development Goals to Sustainable Development Goals. **The Lancet**, v. 379, n. 9832, pág. 2206-2211, 2012.

SANTOS, I. S.; CESAR, J.A. Relatório Técnico da Pesquisa Nacional para Avaliação do Impacto da Iodação do Sal (PNAISAL). Pelotas, 2016. Disponível em: http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/documentos/pnaisal_relatorio_final.pdf. Acesso em: 2 de janeiro de 2023.

STEVENS, G. A. *et al.* Micronutrient deficiencies among preschool-aged children and women of reproductive age worldwide: a pooled analysis of individual-level data from population-representative surveys. **The Lancet Global Health**, v. 10, n. 11, p.1590-1599, 2022.

TAYLOR, P.N. *et al.* Global epidemiology of hyperthyroidism and hypothyroidism. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 14, n. 5, p. 301-316, 2018.

TOLOZA, F. J. K.; MOTAHARI, H.; MARAKA, S. Consequences of severe iodine deficiency in pregnancy: evidence in humans. **Frontiers in Endocrinology**, v. 11, p. 409, 2020.

WAN, S. *et al.* The relationship between high iodine consumption and levels of autoimmune thyroiditis-related biomarkers in a Chinese population: a meta-analysis. **Biological trace element research**, v. 196, n. 2, p. 410-418, 2020.

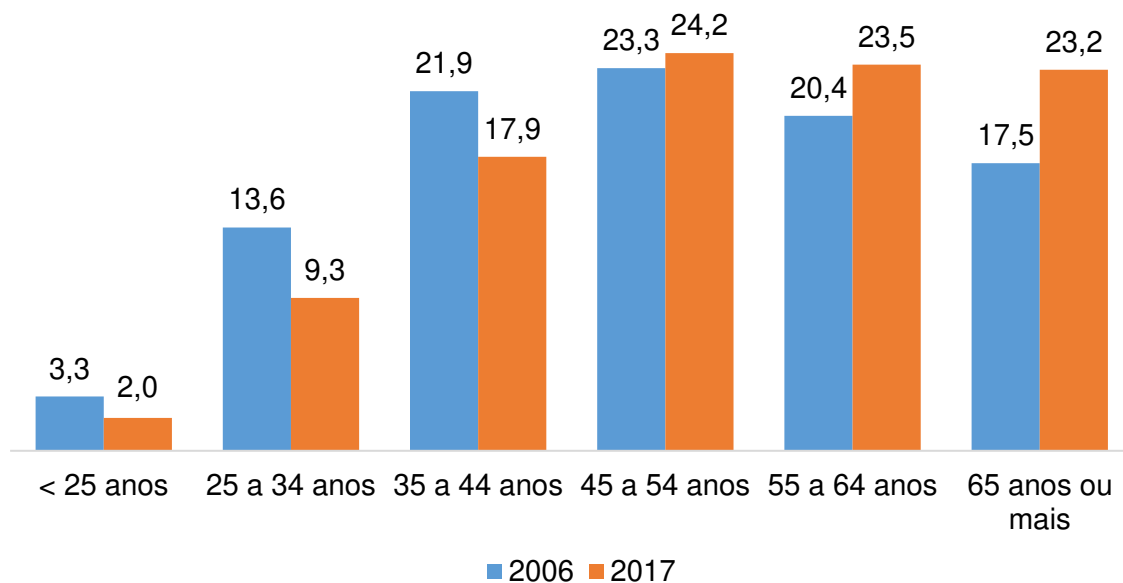
XU, T. *et al.* The relationship of different levels of high iodine and goiter in school children: a meta-analysis. **Nutrition & Metabolism**, v. 18, n. 1, p. 1-9, 2021.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Contextualização

2.1.1. População rural brasileira e mineira

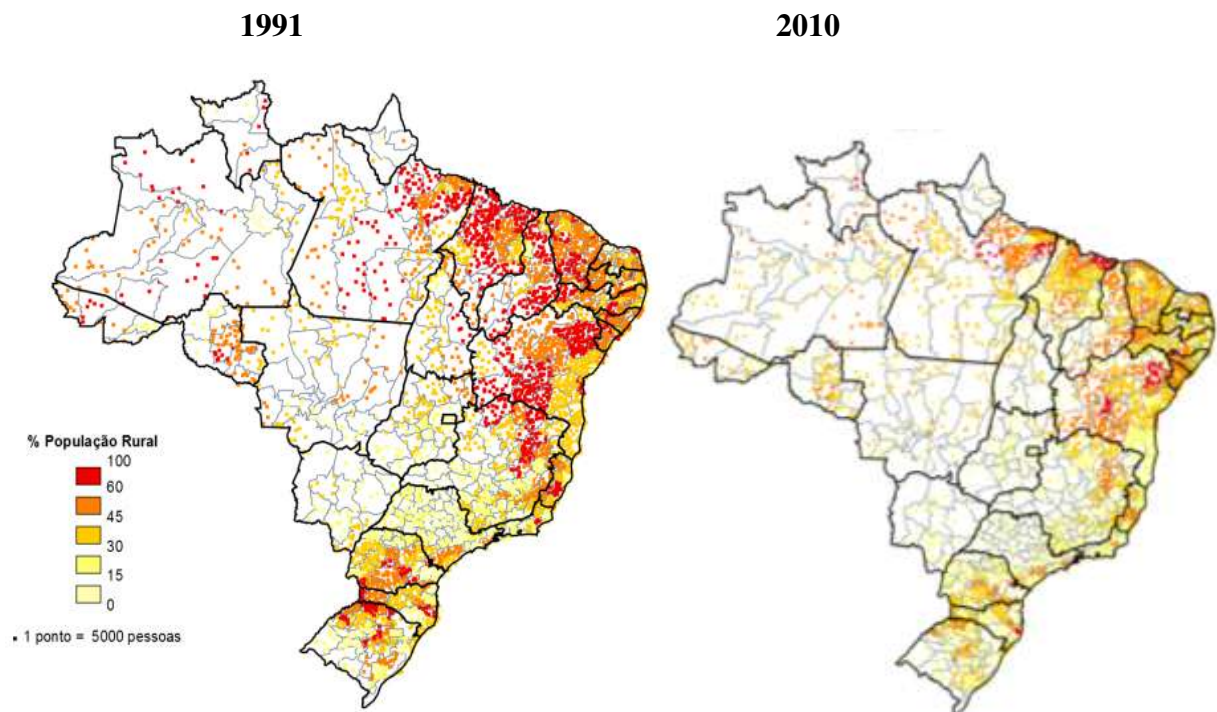
Segundo projeções do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população brasileira é composta por 213.317.639 de habitantes, destes 57,4% são adultos (20 a 59 anos), vivendo na zona rural 15,28%, a Região Nordeste destaca-se com o maior percentual de pessoas na zona rural, 26,88% e a Região Sudeste tem o menor percentual 6,86%. Avaliando a classe de idade dos agricultores, observa-se que há maior prevalência das faixas etárias de adultos acima de 45 anos e idosos (IBGE, 2019). Este dado, caracteriza-se como tem-se organizado a distribuição deste grupo etária no campo. O envelhecimento rural é uma realidade, mesmo que esteja ocorrendo em algumas regiões o “retorno” da população para zona rural, isso não é algo generalizado (Figura 1).



Fonte: IBGE, 2019. Elaborado pelos autores.

Figura 1. Classe de idade do agricultor, segundo dados do Censo Agropecuário 2006 e 2017.

O processo de exôdo rural é seletivo porque envolve questões como idade, sexo e escolaridade. Os jovens tendem a ser mais propensos a este processo migratório, uma vez que, buscam melhores oportunidades de emprego e renda nos centros urbanos. Outra característica da seletividade do processo, é que em especial a população acima de 55 anos, que estaria também propensa a saída do campo. Isso é devido, segundo Maia e Buainain (2015), a perda de estímulos associadas ao trabalho rural, aposentadoria e mortalidade. Na Figura 2 é apresentado as modificações da densidade populacional na zona rural entre os anos de 1991 e 2010.



Fonte: MAIA; BUAINAIN, 2015.

Figura 2. Mapa de densidade para o percentual (cores) e número (pontos) de residentes rurais – Microrregiões Brasileiras, 1991 e 2010.

A criação de estratégias de incentivo ao agricultor/ agricultora familiar deve ser um caminho na organização de políticas públicas de alimentação, nutrição e saúde. Isso porque, a produção de alimentos no Brasil é prioritariamente advinda deste molde agrícola. Com o processo de saída da população da zona rural, pode ocorrer uma perda e mesmo homogeneização de práticas de cultivo e culturas, diminuindo a diversidade

alimentar e impactando no fornecimento de uma alimentação mais saudável (LOPES; PAIXÃO; SANTOS, 2020).

Segundo definição compreende como agricultura familiar:

Os modos de vida e as formas de produzir em unidades de produção agropecuária ou extrativista em áreas de até 4 (quatro) módulos fiscais, sendo o trabalho exercido predominantemente pela família. Geralmente as famílias mantêm o domínio e o controle do que e do modo como produzir e consumir. A maior parte da renda é originada das atividades econômicas vinculadas ao estabelecimento e/ou empreendimento, mantendo relações diferenciadas com o mercado (BRASIL, 2014).

O envelhecimento rural é um problema social quando consideramos o contexto da agricultura familiar. A organização deste molde se reproduz socialmente através de processos, que são descritos por Spanevello *et al.* (2017)

o primeiro é caracterizado pela sucessão (passagem dos negócios dos pais para os filhos sucessores); o segundo ocorre pela herança (passagem do patrimônio entre os sucessores e demais filhos); e o terceiro é constituído pela retirada ou aposentadoria dos pais. Ao longo das décadas a manutenção da agricultura familiar ocorreu por meio da permanência dos filhos no lugar dos pais, assumindo os negócios e a gestão das propriedades rurais, consistindo na principal estratégia de reprodução social da agricultura familiar (SAPANEVELLO *et al.*, 2017).

Em Minas Gerais, o quarto maior estado do Brasil, destacando-se também em relação ao número de imóveis e estabelecimentos rurais (Figura 3). As principais culturas produtivas são café, feijão, canã-de-açúcar, laranja, mamão, manga e milho (IBGE, 2017). A população rural mineira, nas últimas décadas passou por modificações em sua configuração de trabalho, não mais se restringindo a atividades agrícolas (TELLES, 2017).

Este panorama fez com que houvesse maior diversificação ocupacional gerando diminuição da população ocupada em atividades agrícolas o que justifica a diminuição da População Economicamente Ativa (PEA) agrícola e aumento da PEA não-agrícola (LAURENTI, 2014). Estas modificações fizeram com que houvesse uma diminuição da população rural que segundo Froehlich *et al.* (2011), teve como característica conjunta o êxodo rural, a masculinização do campo e envelhecimento, caracterizado por um processo de “êxodo seletivo” de jovens.

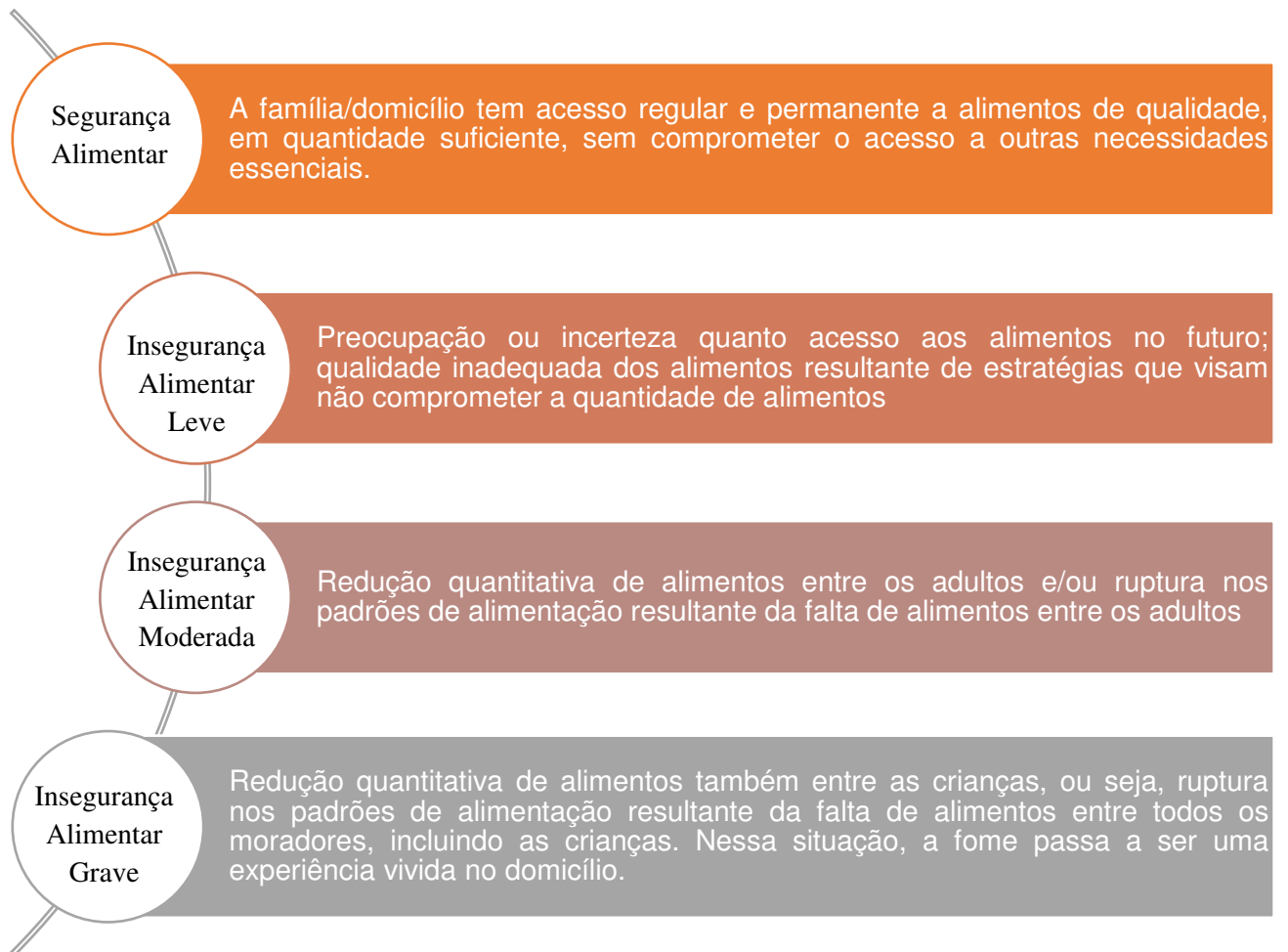
Criar meios que favoreçam a escolha pela permanência no campo, é uma das alternativas a serem organizadas nas ações públicas. O acesso a serviços de saúde é um destas opções de ação, uma vez que, a população rural, fica em muitos casos, a margem das estratégias, sendo um fator de desigualdade se comparado ao meio urbano. O acesso a serviços de saúde é uma dimensão avaliada na mensuração de pobreza dada pelo Banco Mundial. Este elemento deve ser trabalhado dentro das pesquisas para facilitar e garantir o acesso universal a população ao sistema de saúde. Seja ele através de ações de educação ou mesmo intervenções diagnósticas de doenças (ARRUDA; MAIA; ALVES, 2018; MIRANDA; DURAES; VASCONCELLOS, 2020).

2.1.2. Insegurança alimentar e nutricional no meio rural brasileiro

A definição brasileira de Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) abarca a tríade quantidade, qualidade, acesso aos alimentos, com regularidade no oferecimento e na produção, buscando moldes produtivos que sejam cultural, econômico e sustentável (BRASIL, 2006), consistindo:

A segurança alimentar e nutricional na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras da saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis (BRASIL, 2006).

A descrição dos graus de insegurança alimentar avaliados pela Escala Brasileira de Insegurança Alimentar (EBIA) podem ser compreendidos, segundo a Figura 3.

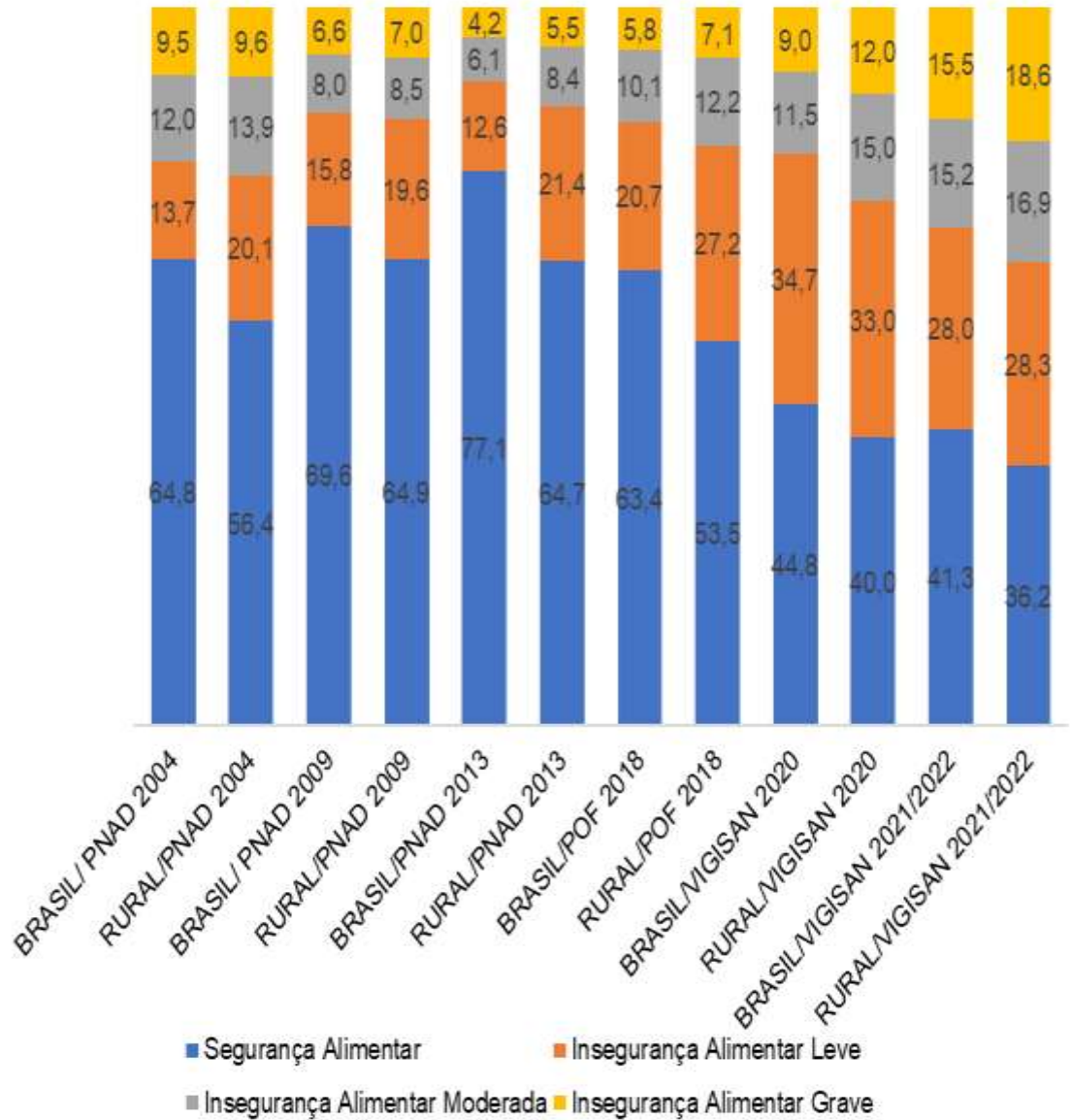


Fonte: Brasil, Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Nota Técnica DA/SAGI/MDS nº 128/2010: Relatório da Oficina Técnica para análise da Escala Brasileira de Medida Domiciliar de Insegurança Alimentar. Brasília: SAGI/DA, 30/08/2010.

Figura 3. Descrição dos graus de segurança e insegurança alimentar, segundo a Escala Brasileira de Insegurança Alimentar (EBIA)

A Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2017/2018 descreve a situação de insegurança alimentar no meio rural e urbano, onde a prevalência é 46,4% e 35,1%, respectivamente. Há um aumento nas prevalências de insegurança alimentar se compararmos com a Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios (PNAD) 2013; e quando é considerado o agravante, a pandemia, esta realidade fica ainda pior tendo prevalências de 58,7% no contexto brasileiro e 63,8% no rural, em 2022 (Figura 4) (PENSSAN, 2022). A população rural vem de um histórico de vulnerabilidade social, que

é descrito pela falta de acesso a bens e serviços, sendo complicadores ou mesmo refletindo na situação de insegurança alimentar (ARAÚJO *et al.*, 2020).



Fonte: BRASIL, 2004; BRASIL, 2009; BRASIL, 2013; BRASIL, 2018; PENSSAN, 2020; PENSSAN, 2022. Elaborado pelos autores.

Figura 4. Situação de Segurança e Insegurança Alimentar da população rural e brasileira

Associado a esta realidade da insegurança alimentar, envelhecimento rural, temos ainda a exposição a fatores de risco para o desenvolvimento de doenças, como:

mudanças no estilo de vida, consumo aumentado de ultraprocessados, tabagismo, estresse e exposição aos agrotóxicos. Esta situação agravada, por dificuldades em acessar os serviços de saúde, menor escolaridade e renda (LUZ, 2020; MORAIS; LOPES; PRIORE, 2020).

O desenvolvimento de projetos que objetivam a inserção do quesito saúde, buscando por envolver visitadas domiciliares, caracterizando a Busca Ativa a estes indivíduos no meio rural, contribuindo com a melhoria das condições de saúde no campo. Esta ação de Busca Ativa neste trabalho é caracterizada em dois princípios que é o reconhecimento do território e organização de práticas facilitadoras de conexão território-saúde-indivíduo-intervenção (LEMKE; DA SILVA, 2010).

Segundo Travassos e Viacava (2007), o menor acesso aos serviços de saúde da população rural é devido ao baixo poder aquisitivo e dificuldades de acesso ao Sistema Único de Saúde (SUS). A característica da procura aos serviços de saúde se dá principalmente por mulheres, idosos e indivíduos com maior escolaridade (GOLDBAUM *et al.*, 2005).

O consumo aumentado de ultraprocessados é uma realidade da população em geral inclusive no campo, tem-se, porém, este agravante que é o agrotóxico que as consequências ainda não são bem elucidadas. Este panorama e perda da cultura e soberania alimentar tem gerado carências de micronutriente, como: Vitamina A, Ferro, Zinco e Iodo. Em sua maioria as carências alimentares contribuem para chamada “Fome Oculta” que é a deficiência subclínica de micronutrientes (BRASIL, 2014).

A carência gera uma resposta imunológica diminuída, cegueira, anemia e mortalidade, afetando não só a população brasileira, mas também mundial. A deficiência de micronutrientes atinge aproximadamente dois bilhões de pessoas residentes em áreas de baixo nível socioeconômico, que ficam impossibilitadas de alcançar seu potencial de desenvolvimento físico e mental (BRASIL, 2007; CARNEIRO, 2015).

Quadros de insegurança alimentar favorecem as deficiências de micronutrientes porque possuem associação direta com renda, escolaridade do morador de referência, condições de moradia, acesso a água, disponibilidade e consumo alimentar. Segundo André *et al.* (2018) a insegurança alimentar e nutricional pode ser caracterizada:

A Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) refere-se à garantia do acesso a alimentação adequada e saudável. É um conceito multidimensional que perpassa o campo da produção, disponibilidade e acesso a alimentos, adequadas condições de saúde, educação, moradia e saneamento básico. Sendo assim, indicadores de múltiplas vulnerabilidades, relacionados ao acesso, consumo e aproveitamento biológico dos alimentos, das condições sociais, econômicas e de estado nutricional são utilizados para caracterização de situações de violação desse direito, ou seja, da insegurança alimentar e nutricional

Assim sendo, a análise da situação de insegurança alimentar e nutricional deve ser feita com diferentes indicadores, afim de buscar compreender melhor o contexto no qual o indivíduo se encontra.

2.1.3. Insegurança alimentar e nutricional e discussões no contexto mundial

A definição/contextualização da SAN evolui com o passar dos anos, à medida que se compreende que novos processos se fazem importantes para o seu alcance. Desta forma, os pilares disponibilidade, acesso, utilização e estabilidade passou-se a ser questionado se conseguiam realmente abarcar a complexidade da SAN. Assim, sendo propostos o crescimento de mais dois pilares importantes para a sua definição, sendo eles: agência e sustentabilidade. O conceito brasileiro a frente das discussões já os abarca (HLPE, 2020; CLAPP *et al.*, 2022.).

Esta discussão, especialmente no contexto internacional, é devido a entendimento de que debater SAN e saúde sem considerar os sistemas alimentares e seus contextos e territórios não é o suficiente para a proposição de ações mais efetivas. No 15º Relatório do Painel de Especialista em Segurança Alimentar e Nutricional é apresentado as dimensões da SAN, considerando a inclusão das dimensões de agência e sustentabilidade (Figura 5) (HLPE, 2020; CLAPP *et al.*, 2022).

Segurança Alimentar e Nutricional



Fonte: HLPE, 2020. Elaborado pelos autores.

Figura 5. Proposição de dimensões da Segurança Alimentar e Nutricional segundo 15º Relatório do Painel de Especialista em Segurança Alimentar e Nutricional.

Neste somatório dos debates em torno da SAN, têm-se ainda os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) (Figura 6) que trazem metas a serem atingidas para o alcance do bom estado de saúde, física, social, econômica e climática. Os desafios atuais que comportam o sistema alimentar são inúmeros e agravados ainda mais pela pandemia pela COVID-19. O ODS 2 tem progressos desiguais no que tange questões como fome, desnutrição, excesso de peso e deficiência de micronutrientes (HLPE, 2020).



Fonte: OPAS, 2015

Figura 6. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

A definição de micronutrientes, é que são substâncias essenciais para a saúde humana e são necessárias em pequenas quantidades. Podem ser classificadas como vitaminas e minerais essenciais. Processos de deficiência ou excesso destes micronutrientes, podem trazer repercussões, o adoecimento do indivíduo e serem um fator de insegurança alimentar e nutricional (COZZOLINO, 2007).

São fatores que se relacionam aos micronutrientes e sua disponibilidade para os indivíduos: solo, água, sistema de cultivo, engenharia genética, clima e fisiologia do organismo humano (MILLER; WELCH, 2013). O que pode ser relacionando às dimensões da SAN, considerando que para o pleno desenvolvimento dos indivíduos e populações são necessários considerar também, de forma prioritária, a importância da avaliação para diagnóstico de deficiências e excessos de micronutrientes como um veículo de promoção da SAN.

2.2. Políticas brasileiras e micronutrientes

No Brasil, são organizadas políticas, programas e ações que tem por objetivo a promoção da saúde. Nesta revisão foram listadas as que mais se contextualizam com a temática dos micronutrientes trabalhados na tese. A Portaria N° 2.362, de 1º de dezembro de 2005 direciona o Programa Nacional de Prevenção e Controle dos Distúrbios por Deficiência de Iodo (DDI), designado por Pró-Iodo (BRASIL, 2013a). Esta portaria preconiza ações básicas para o controle da deficiência com a implementação de estratégias de monitoramento do teor de iodo no sal, o impacto da iodação na saúde da população, preconiza parâmetros de teor de iodo no sal para consumo e promove estratégias educativas para informação. A Resolução da RDC N° 23, de 24 de abril de 2013 complementa a disposições sobre o teor de iodo no sal destinado ao consumo humano, sendo 15 a 45 miligramas de iodo por quilograma de sal.

Além disso, têm-se também estratégias destinadas ao controle da deficiência de ferro, como o Programa Nacional de Suplementação de Ferro (BRASIL, 2005b; BRASIL, 2013b) e a estratégia de fortificação de farinhas de trigo e de milho com ferro e ácido fólico (BRASIL, 2022). Dentre as ações pontuadas para alguns grupos etários específicos, têm-se a estratégia de fortificação da alimentação infantil com micronutrientes em pó - NutriSUS. Esta ação consiste na adição de uma mistura de vitaminas e minerais em pó em uma das refeições oferecidas para as crianças diariamente nas escolas públicas (BRASIL, 2014; BRASIL, 2015).

Além destas estratégias diretas para o controle das deficiências, têm-se também algumas políticas que se relacionam, como: a Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN) (Figura 7), Política Nacional de Saúde Integral das Populações do Campo e da Floresta (PNSIPCF) (Figura 8), Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PNSAN) (Figura 9), Política Nacional de Atenção Básica (PNAB)(Figura 10), Política Nacional de Promoção da Saúde (PNPS) (Figura 11) e Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO) (Figura 12).



Fonte:BRASIL, 2013b. Elaborado pelos autores

Figura 7. Diretrizes da Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN).



Fonte:BRASIL, 2013c. Elaborado pelos autores

Figura 8. Diretrizes da Política Nacional de Saúde Integral das Populações do Campo e da Floresta (PNSIPCF).



Fonte:BRASIL, 2010. Elaborado pelos autores

Figura 9. Diretrizes da Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PNSAN).



Fonte:BRASIL, 2017. Elaborado pelos autores

Figura 10. Diretrizes da Política Nacional de Atenção Básica (PNAB)



Fonte:BRASIL, 2015. Elaborado pelos autores

Figura 11. Diretrizes da Política Nacional de Promoção da Saúde (PNPS)



Fonte:BRASIL, 2012. Elaborado pelos autores

Figura 12. Diretrizes da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO).

Todas as políticas apresentadas são alicerçadas na promoção do Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA), seja ele no manejo dos cuidados em saúde, tipo de produção de alimentos que favoreça o não adoecimento, Além de discussões chaves envolvendo estratégias como busca ativa, que consistem em ir ao encontro dos indivíduos e assim, fazer o diagnóstico para se ter intervenções condizentes com a realidade no qual se encontra (LEMKE; DA SILVA, 2010).

A importância da intersetorialidade e o planejamento de políticas e programas públicos, com objetivos comuns favorece uma melhor organização em saúde. Quando se trata de avaliação/proposição de ações para o combate as deficiências e excesso de micronutrientes, ações pontuadas como suplementação são medidas de impacto na resolução de um problema a curto prazo. Já ações educativas e de auxílio em problemas estruturantes, como renda e escolaridade, podem favorecer nos impactos a longo prazo. Assim, caracteriza-se a necessidade de se pensar na estruturação do combate a esses problemas de forma mais ampla e a articulação entre políticas, setores, profissionais são de extrema importância.

2.3. Estado nutricional de iodo

2.3.1. Absorção de iodo

O iodo é um elemento químico, que pode apresentar vários estados de oxidação apresentando-se nas formas químicas de: iodeto (I), iodato (IO₃) e iodo elementar (I₂). Pode ser absorvido no estômago e intestino delgado na forma de iodeto (I). Após absorção, ele é capturado pela glândula tireoide, em maior quantidade, para a síntese dos hormônios tireoidianos, Triiodotironina (T3) e Tiroxina (T4), além de glândulas mamárias, salivares, gástricas, rins e coração (GUY; ABRAHAM, 2006; ESTEVEIRA, 2015; LIMA; NAVARRO, 2018, LIMA *et al.*, 2019)

Segundo Esteveira (2015), (Figura 3) a regulação de T3 e T4 é:

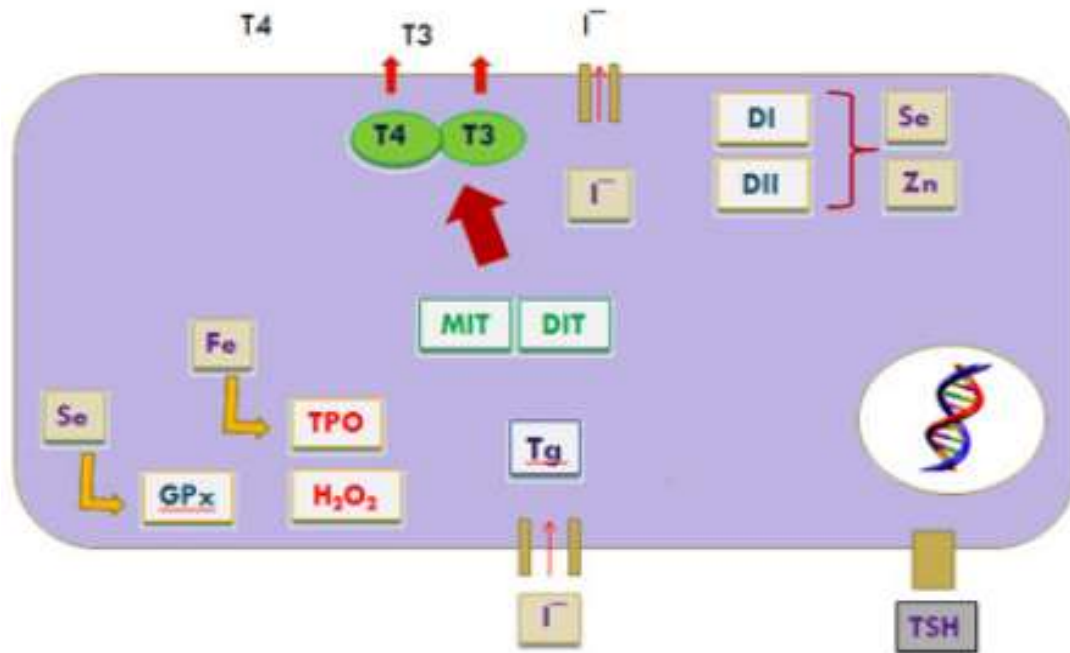
por um mecanismo chamado *feedback*, em que a regulação de uma glândula é dada pelo seu próprio produto final. O *feedback* é negativo porque o aumento do produto final inibe a atividade da glândula, e se pelo contrário a concentração do hormônio baixar a glândula aumenta sua secreção. O organismo serve-se de um

mecanismo complexo para ajustar a concentração de hormônios tireoidianos presente em cada momento.

Tanto o excesso quanto a deficiência deste micronutriente são prejudiciais para o organismo humano. Segundo Lima e Navarro (2018), “*em condições normais, o iodo tem uma meia vida de aproximadamente 10 horas e um turnover diário médio entre 60µg e 95µg em adultos. Um corpo adulto saudável contém entre 15 a 20 mg de iodo, sendo que 70%-80% estão na tireoide*”.

O iodo é o principal componente dos hormônios tireoidianos, 59% Triiodotironina (T3) e 65% Tiroxina (T4) (COSTA, 2008). Estes hormônios desempenham papel importante no metabolismo basal, com estimulação da enzima $\text{Na}^+ \text{K}^+$ -atpase, que promove o aumento do consumo de oxigênio no metabolismo de proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas e sais minerais. Os hormônios tireoidianos também influenciam o crescimento pondero-estatural, a manutenção da temperatura corporal, o desenvolvimento do sistema nervoso central e a função cardíaca (NUNES, 2003; KNOBEL; MEDEIROS-NETO, 2004; LIMA *et al.*, 2019).

A maior parte do iodo deve vir da alimentação, ou seja, uma boa qualidade dos alimentos repercutirá em uma menor probabilidade de deficiência. Esta qualidade da alimentação deve-se levar em consideração outras fontes de minerais que se relacionam com o estado ótimo de iodo, sendo eles ferro e selênio (LINHARES *et al.*, 2015). Abaixo organização esquemática do processo absorptivo de iodo, segundo Lima e Navarro (2018).



Fonte: KÖHRLE; GÄRTNER.(2009). Elaborado por Lima e Navarro (2018)

Figura 13. Formação dos hormônios tireoidianos: participação dos minerais e enzimas. Na superfície apical da célula, o iodeto é oxidado pela tireoperoxidase (TPO), uma enzima dependente de ferro (Fe), e em presença de água oxigenada (H_2O_2) para ligar-se à tireoglobulina (Tg). A água oxigenada é perigosa para o tireócito e, por isso, recebe o controle da glutatona peroxidase (GPx), que é uma selenoproteína (Se). A união do iodo oxidado com a Tg gera os complexos moniodotirosina (MIT) e diiodotirosina (DIT). Quando ocorre a junção de um MIT e um DIT, forma-se a triiodotironina (T3), já a ligação de duas moléculas DIT forma a tiroxina (T4). Para que eles sejam expelidos do tireócito e para que o hormônio tireoidiano inativo (T4) se transforme no hormônio ativo (T3), é necessária a presença das deiodinases I e II (DI e DII), as quais também são selenoproteínas e dependem também do zinco (Zn) para um bom funcionamento.

A avaliação do estado nutricional de iodo conta com indicadores de processo, impacto e sustentabilidade. Os indicadores de processo são: avaliação do teor de iodo no sal, fatores que podem afetar a sua estabilidade, especialmente no alimento fortificado, a disponibilidade no domicílio e hábitos alimentares. Os indicadores de impacto são: avaliação da Concentração de Iodo na Urinário (CIU), o volume da tireoide que pode ser analisado por palpação ou ultrassonografia buscando detectar o bócio; e análise da função tireoidiana pela dosagem dos níveis de Hormônios Estimulantes da Tireoide (TSH), Tireoglobulina (Tg), Triiodotironina (T3) e a Tiroxina (T4). O indicador de

sustentabilidade é determinado pelo acompanhamento de ações já realizadas, como iodação do sal, avaliação de CIU populacional e modificações nos quadros de bócio, deficiência de iodo ao longo do tempo (CANDIDO *et al.*,2021).

A utilização de testes bioquímicos são uma ferramenta para melhor condução do diagnóstico em saúde. No Quadro 1 é apresentado os testes bioquímicos e para que servem, no que tange a funcionalidade tireoidiana.

Quadro 1. Usos clínicos de testes bioquímicos para distúrbios da tireoide

Teste Bioquímico	Usos clínicos
TSH	<ul style="list-style-type: none"> • Teste de triagem primária para disfunção tireoidiana • Avaliação da terapia de reposição de hormônio tireoidiano em pacientes com hipotireoidismo primário • Avaliação da terapia supressiva em pacientes com câncer de tireoide derivado de células foliculares
T4	<ul style="list-style-type: none"> • Detecção de disfunção tireoidiana em conjunto com TSH • Avaliação da terapia de reposição de hormônio tireoidiano em pacientes com hipotireoidismo secundário (T4 livre) • Avaliação de disfunção tireoidiana na gravidez (T4 total)
T3	<ul style="list-style-type: none"> • Detecção de hipertireoidismo • Sem utilidade no manejo do hipotireoidismo • Pode ser útil no diagnóstico de doenças não tireoidianas
Anticorpos da tireoide	<ul style="list-style-type: none"> • Positivo em doença autoimune da tireoide • TPOAb – avaliação de pacientes com hipotireoidismo subclínico e mulheres com abortos recorrentes • TRAb – diagnóstico de doença de Graves; ajudar a prever quais pacientes de Graves podem ser desmamados de medicamentos antitireoidianos
Tireoglobulina	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da eficácia do tratamento para câncer diferenciado de tireoide e monitoramento de doença residual ou recorrente • Diagnóstico de tireotoxicose factícia

T3= Triiodotironina; T4= Tiroxina; TPOAb = Anticorpos para Tireoide Peroxidase; TRAb = Anticorpos direcionados contra o Receptor do Hormônio Estimulante da Tireoide; TSH = Hormônio Estimulante da Tireoide.

Fonte: ESFANDIARI; PAPALEONTIOU, 2017.

2.3.2. Distúrbios por Deficiência de Iodo (DDI)

Os DDI geram mudanças metabólicas que levam a alterações na produção dos hormônios tireoidianos, causado por baixo ou alto consumo alimentar de iodo. A Organização Mundial da Saúde (OMS), estima que 2 milhões de pessoas tem uma ingestão insuficiente de iodo, em especial crianças em idade escolar. A Europa possui a maior prevalência da deficiência (52,0%), devido à baixa cobertura das estratégias de iodação (25%), na América tem uma prevalência de 10,6% da deficiência (OMS, 2007).

Regiões deficientes em iodo tem populações mais susceptíveis a apresentar os distúrbios causados por esta deficiência, cujo impacto social e econômico podem acarretar prejuízo no desenvolvimento do país (UNICEF, 1995). A deficiência pode gerar maiores prevalências de natimortos, baixo peso em recém nascidos, intercorrências gestacionais, mortes maternas, cretinismo, anomalias congênitas, surdo-mudez e bócio (hipertrofia da glândula tireoide) (ICCIDD, 2007).

Portanto, a deficiência pode gerar maiores gastos em saúde e educação, caracterizando um problema a ser enfrentado socialmente, além de gerar um menor desenvolvimento dos indivíduos, devendo se ter estratégias que auxiliem na mudança e prevenção deste quadro (BRASIL, 2007).

Na carência nutricional de iodo, a glândula tireoide desenvolve mecanismos adaptativos com o objetivo de manter as concentrações plasmáticas e intracelulares de T3 normais (KNOBEL; MEDEIROS-NETO, 2004). Com a deficiência de iodo os níveis séricos do hormônio estimulante da tireoide (TSH), gera um aumento no número de células foliculares da tireoide que pode provocar uma hiperplasia da glândula. Caso a deficiência permaneça ocorrerá a formação de uma estrutura nodular que caracterizará o bócio (KNOBEL; MEDEIROS-NETO, 2004).

A ação do TSH eleva a captação do iodeto e aumenta a quantidade de iodeto disponível na glândula tireoide. Porém, este processo não permanece em virtude da degradação morfológica da glândula, passando de hiperplasia difusa para multinodular, quando o bócio perde eficiência adaptativa (KNOBEL; MEDEIROS-NETO, 2004).

A carência nutricional de iodo, ocasiona reduções na concentração de iodo nos tecidos foliculares, variando entre 1 mg a 2,5 mg de iodo/ grama de tecido. Estes valores observados são quatro vezes mais baixos quando comparados àqueles em condições normais (10 mg/g). Somado a esse processo, a síntese de tireoglobulina (Tg) apresenta-se alterada e com produção de moléculas defeituosas, levando a menor síntese de T4 (KNOBEL; MEDEIROS-NETO, 2004).

Períodos de baixa ingestão de iodo levam a alterações nas estruturas das moléculas de Tg, e estas promovem a elevação da síntese de monoiodotirosina (MIT) em detrimento da diiodotirosina (DIT), ocasionando o aumento da produção de T3 em relação ao T4. O aumento do estímulo do TSH aliado ao baixo índice de iodação da TG induz a síntese principal de T3. Como consequência, os níveis séricos de T4 apresentam-se baixos, enquanto os de T3 permanecem normais ou mesmo elevados. Os órgãos dependentes das concentrações de T3 tendem ao aumento da conversão periférica de T4 a T3, como estratégia de defesa contra os efeitos adversos da falta de T3 intracelular (KNOBEL; MEDEIROS-NETO, 2004).

As baixas concentrações de T4 intracelular decorrentes da redução de sua produção pela glândula tireoide induz a liberação contínua de TSH pela hipófise. Uma vez liberado, o TSH irá estimular constantemente a glândula tireoide, desencadeando um processo de hiperplasia até a perpetuação do bócio ou a correção da carência de iodo (KNOBEL; MEDEIROS-NETO, 2004).

O Brasil, é considerado um país com ingestão de iodo adequada segundo dados da Iodine Global Network (2022). Porém, é sabido da necessidade do monitoramento. Isso porque a principal estratégia de combate aos DDI é a iodação do sal, que pode trazer repercussões negativas em caso de excesso ou não consumo. Assim uma das principais ações deve ser o incentivo a estratégias educativas.

2.3.3. Distúrbios por Excesso de Iodo (DEI)

Os hormônios tireoidianos atuam na remodelação óssea, ajudando no crescimento e desenvolvimento de crianças e adolescentes.

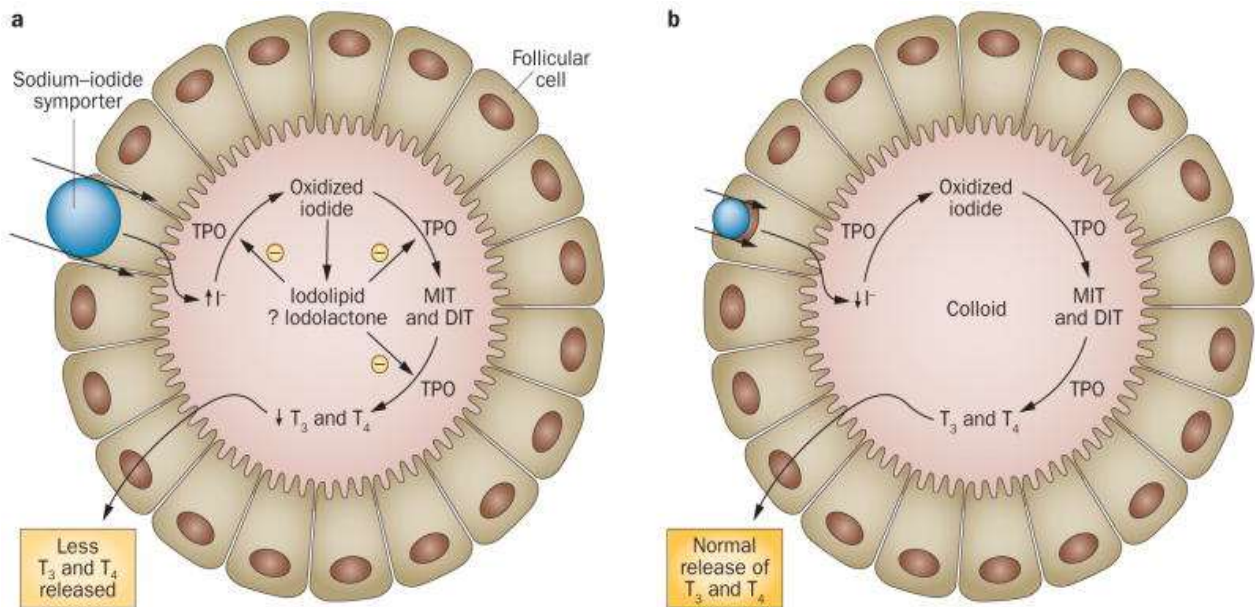
Os hormônios atuam tanto nos osteoblastos como nos osteoclastos pelo aumento da fosfatase alcalina e osteocalcina. O excesso a atuação desses hormônios diminui o intervalo de tempo entre a desmineralização e a formação óssea, induzindo a porosidade óssea cortical, o que se torna mais agressivo na menopausa (LIMA; NAVARRO, 2018).

Riscos cardiovasculares em pacientes com hipotireoidismo e hipertireoidismo subclínico não tratado por longo tempo. O hipotireoidismo não tratado pode, ao longo do tempo, gerar aumento da pressão arterial, anomalias cardiovasculares, disfunção endotelial, aumentar a rigidez arterial e desenvolver dislipidemia no paciente, o qual poderia resultar no desenvolvimento de uma Insuficiência Cardíaca (IC). Já o hipertireoidismo não tratado tem como consequência aumento da pressão sanguínea, do tamanho do átrio esquerdo e massa do ventrículo esquerdo, aumentando a frequência e a arritmia cardíaca bem como o consumo de oxigênio, também ocorre uma disfunção disatômica, efeitos que podem gerar IC (LIMA, 2015).

O organismo humano tem a capacidade de adaptação da tireóide ao excesso de iodo, conhecido como efeito agudo de Wolff-Chaikoff descrito como uma redução transitória na síntese dos hormônios tireoidianos quando em presença excessiva de iodo. Este processo de adaptação ainda deve ser melhor elucidado, o que se sabe, é que ocorre um processo de inibição da peroxidase na tireoide, com a redução da atividade das desidases. Isso, podendo resultar em uma diminuição da síntese dos hormônios tireoidianos (Figura 14) (LEUNG; BRAVERMAN, 2014).

Segundo Leung e Braverman (2014):

Na maioria dos indivíduos, a diminuição da produção de hormônios tireoidianos é apenas transitória e recomeça após a adaptação ao efeito agudo de Wolff-Chaikoff. Em ratos, essa adaptação foi associada a uma diminuição acentuada na expressão do transportador de iodeto de sódio (NIS) que está presente na membrana basolateral das células foliculares da tireoide. NIS é uma glicoproteína transmembrana que medeia o transporte ativo de iodo da circulação para a tireoide. A diminuição da expressão do NIS ocorre 24 horas após a exposição ao excesso de iodo e resulta em concentrações intratireoidianas reduzidas de iodo. Por sua vez, os níveis reduzidos de iodo levam a uma diminuição dos níveis das substâncias iodadas que inibem a síntese dos hormônios tireoidianos, o que resulta na retomada da produção normal do hormônio tireoidiano



DIT = diiodotirosina; I = iodeto; MIT = moniodotirosina; TPO= peroxidase da tireóide.
Fonte: LEUNG; BRAVERMAN,2014

Figura 14. O efeito Wolff-Chaikoff. O mecanismo proposto para o efeito agudo de Wolff-Chaikoff. Durante a exposição inicial ao iodo, o excesso de iodo é transportado para a glândula tireoide pelo simportador sódio-iodeto. Esse transporte resulta na inibição transitória da TPO e na diminuição da síntese do hormônio tireoidiano. b | O mecanismo pelo qual ocorre a adaptação ao efeito agudo de Wolff-Chaikoff. Uma diminuição na expressão do simportador sódio-iodeto resulta na redução do transporte de iodo, o que permite a retomada da síntese do hormônio tireoidiano.

Assim, processos que envolvem consumo excessivo de iodo também contribuem para o adoecimento dos indivíduos e deve ser monitorado como um gerador de complicações na saúde.

2.3.4. Intervenção e monitoramento da deficiência de iodo

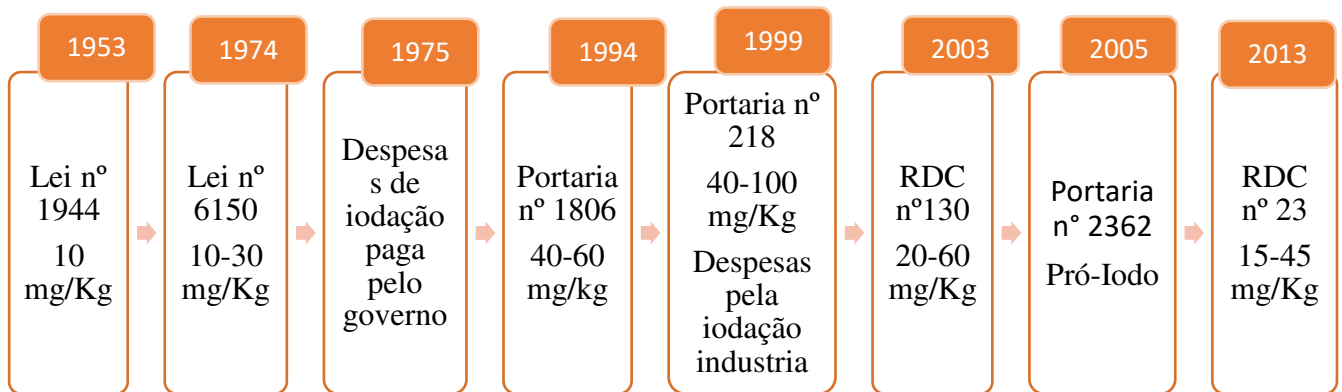
Durante a Assembleia Mundial de Saúde, realizada nos anos 90, a deficiência de iodo foi reconhecida como um problema de saúde pública devido à sua gravidade e impacto social. Estabeleceu-se a meta de erradicar essa deficiência até o ano 2000.

A estratégia adotada foi a universalização da iodação do sal, com o objetivo de reduzir esses distúrbios. O sal foi escolhido como veículo de fortificação devido ao baixo

custo, o que facilitaria o acesso das famílias, além de ser um processo seguro (WHO, 1994; MABERLY; HAXTON; VAN DER HAAR, 2003).

A iodação do sal para consumo humano e animal é realizada pela indústria, visando atender às necessidades diárias de ingestão nutricional de forma contínua (WHO, 2008). Atualmente, a fortificação do sal é considerada uma das principais medidas para combater os Distúrbios por Deficiência de Iodo (DDI). Para que essa estratégia seja eficaz, é necessária a colaboração de diversos órgãos governamentais e não governamentais, a fim de garantir uma maior cobertura e monitoramento do processo (BRASIL, 2008).

No Brasil, foi adotada a Política Universal de Iodação do Sal, que consiste na adição de iodato de potássio ao sal destinado ao consumo humano (BRASIL, 1974). Algumas recomendações devem ser seguidas para evitar a perda dos níveis de iodo no sal devido a fatores como temperatura e umidade (BRASIL, 2007; BRASIL, 2008). Na Figura 15, esta apresentado de forma esquemática a evolução da Política de Iodação do Sal no Brasil .



Fonte: BRASIL, 2007; BRASIL, 2014 ; Elaborado pelos autores

Figura 15. Evolução histórica da Política de Iodação do Sal no Brasil, concentrações de iodo (mg) para kg de sal.

2.4. Referências

ARRUDA, N. M.; MAIA, A. G.; ALVES, L. C. Desigualdade no acesso à saúde entre as áreas urbanas e rurais do Brasil: uma decomposição de fatores entre 1998 a 2008. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, 2018

BRASIL. Decreto Nº 7272, de 25 de agosto de 2010. Regulamenta a Lei no 11.346, de 15 de setembro de 2006, que cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional - SISAN com vistas a assegurar o direito humano à alimentação adequada, institui a Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional - PNSAN, estabelece os parâmetros para a elaboração do Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, e dá outras providências, Brasília, DF, 25 de ago. 2010.

BRASIL. Decreto Nº 7794, de 20 de agosto de 2012. Institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica, Brasília, DF, 25 de ago. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 604, de 10 de fevereiro de 2022, dispõe sobre o enriquecimento obrigatório do sal com iodo e das farinhas de trigo e de milho com ferro e ácido fólico destinados ao consumo humano. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 de fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 23, de 24 de abril de 2013, dispõe sobre o teor de iodo no sal destinado ao consumo humano e dá outras providências. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 24 de abr, 2013a.

BRASIL. Ministério da Saúde. NutriSUS: caderno de orientações: estratégia de fortificação da alimentação infantil com micronutrientes (vitaminas e minerais) em pó. Ministério da Saúde, Ministério da Educação. – Brasília: Ministério da Saúde, 23 p., 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 2.362, de 1 de dezembro de 2005. Reestrutura o Programa Nacional de Prevenção e Controle dos Distúrbios por Deficiência de Iodo - DDI, designado por Pró-Iodo. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 1 de dez, 2005a

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 28, de 13 de agosto de 2014. Torna pública a decisão de incorporar o suplemento alimentar em pó com múltiplos micronutrientes para fortificação da alimentação infantil no âmbito do Programa NutriSUS. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 13 de ago, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 730, de 13 de maio de 2005. Institui o Programa Nacional de Suplementação de Ferro, destinado a prevenir a anemia ferropriva e dá outras providências. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 13 de mai, 2005b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Política Nacional de Alimentação e Nutrição / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Básica. – 1. ed., 1. reimpr. – Brasília : Ministério da Saúde, 2013. 84 p

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Programa Nacional de Suplementação de Ferro : manual de condutas gerais / Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. 24 p.:

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Programa Nacional de Suplementação de Ferro: manual de condutas gerais. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, 24 p., 2013a

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Política Nacional de Alimentação e Nutrição / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Básica. – 1. ed., 1. reimpr. – Brasília : Ministério da Saúde, 84 p., 2013b

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa. Departamento de Apoio à Gestão Participativa. Política Nacional de Saúde Integral das Populações do Campo e da Floresta / Ministério da Saúde, Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa, Departamento de Apoio à Gestão Participativa. 1. ed.; 1. reimp. Brasília : Editora do Ministério da Saúde, 48 p., 2013c.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Política Nacional de Promoção da Saúde: PNPS: revisão da Portaria MS/GM nº 687, de 30 de março de 2006/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 36 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Política Nacional de Promoção da Saúde: PNPS: revisão da Portaria MS/GM nº 687, de 30 de março de 2006/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

BRASIL. Portaria Nº 2.436, de 21 de setembro de 2017. Aprova a Política Nacional de Atenção Básica, estabelecendo a revisão de diretrizes para a organização da Atenção Básica, no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), Brasília, DF, 21 de set. 2017.

BRASIL. Portaria Nº 2.362 de 01 de dezembro de 2005. Reestrutura o Programa Nacional de Prevenção e Controle dos Distúrbios por Deficiência de Iodo - DDI, designado por Pró-Iodo. Brasília, DF, 01 de dez. 2005.

CANDIDO, A. C. *et al.* Análise crítica dos indicadores do estado nutricional de iodo em indivíduos e populações: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, p. 4859-4870, 2021.

CLAPP, J. *et al.* The case for a six-dimensional food security framework. **Food Policy**, v. 106, p. 102164, 2022.

COZZOLINO, S.M.F. Biodisponibilidade de Nutrientes. 2ª edição. Barueri, SP. Editora Manole, 2007

ESFANDIARI, N. H.; PAPALEONTIOU, M. Biochemical testing in thyroid disorders. **Endocrinology and Metabolism Clinics**, v. 46, n. 3, p. 631-648, 2017.

FROEHLICH, J., DA, C., HOWES, R. Y TOEBE, M. Êxodo seletivo, masculinização e envelhecimento da população rural na região central do RS. *Ciência Rural*. V.41 n. 9, p. 1674-1680, 2011.

HLPE. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. Food security and nutrition: building a global narrative towards 2030. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome, 2020

IODINE GLOBAL NETWORK. Global Scorecard of Iodine Nutrition in 2021 in the General Population Based on Schoolage Children. Ottawa, Canada: IGN, 2022. (Available at: https://www.ign.org/cm_data/IGN_Global_Scorecard_2021_7_May_2021.pdf). Accessed on 7 Dez 2022.

KÖHRLE, J.; GÄRTNER, R. Selenium and thyroid. **Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism**, v. 23, n. 6, p. 815-827, 2009.

LAURENTI, A. C. Ocupação e renda na nova ruralidade brasileira: tendências de variação na ocupação e no rendimento da população rural no período 2001-2009. Londrina, IAPAR, 2014.

LEMKE, R. A.; DA SILVA, R. A. N. A busca ativa como princípio político das práticas de cuidado no território. **Estudos e Pesquisas em Psicologia**, v. 10, n. 1, p. 281-295, 2010.

LEUNG, A. M.; BRAVERMAN, L. E. Consequences of excess iodine. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 10, n. 3, p. 136-142, 2014.

LIMA, L. F.; NAVARRO, A. M. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes-iodo. **International Life Science Institute do Brasil-ILSI Brasil**, v. 22, 2014.

LIMA, L.F. Disfunção tireoidiana em pacientes com insuficiência cardíaca: participação do iodo, zinco e selênio. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

LOPES, S.O.; PAIXÃO, M Q; SANTOS, R.H.S. A (in) sustentabilidade produtiva e a (in) Segurança Alimentar e Nutricional. In: MORAIS, D.M; SPERANDIO, N.; PRIORE, S.E (org.). **Atualizações e debates sobre segurança alimentar e nutricional**. Viçosa: Facev, 2020. p. 279-291.

MAIA, A. G.; BUAINAIN, A. M. O novo mapa da população rural brasileira. *Confins*, n. 25, p. 1-24, 4 nov. 2015.

MILLER, D.D.; WELCH, R.M. Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition. Agricultural Development Economics Division. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.

MIRANDA, S. V.C. de; DURAES, P. S.; VASCONCELLOS, L.C. F. de. A visão do homem trabalhador rural norte-mineiro sobre o cuidado em saúde no contexto da atenção primária à saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 1519-1528, 2020.

MORAIS, D. C.; LOPES, S. O.; PRIORE, S. E. Indicadores de avaliação da Insegurança Alimentar e Nutricional e fatores associados: revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 2687-2700, 2020.

PENSSAN, REDE. Vigisan-inquérito nacional sobre a insegurança alimentar no contexto da pandemia da covid-19 no brasil. 2021 Disponível em: <http://olheparaafome.com.br>. **VIGISAN_Inseguranca_alimentar.pdf, acesso em**, v. 7, n. 05, 2022.

SPANVELLO, R. M. *et al.* A problemática do envelhecimento no meio rural sob a ótica dos agricultores familiares sem sucessores. *Desenvolvimento em Questão*, v. 15, n. 40, p. 348-372, 2017.

TELLES, T. S. *et al.* Evolução da população rural ocupada nas Grandes Regiões do Brasil entre 2001 e 2009. *Interações, Campo Grande*, v. 18, n. 1, p.17-26, jan/mar. 2017.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Associar fatores sociais, antropométricos, bioquímicos, químicos, nutricionais e de insegurança alimentar ao estado nutricional de iodo em adultos agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-MG.

3.2. Objetivos específicos

- Descrever a população do estudo quanto às características socioeconômicas e demográficas, antropométricas, consumo alimentar, bioquímicas e insegurança alimentar e nutricional (Artigo original 1);
- Avaliar fatores associados ao estado nutricional de iodo (Artigo original 1);
- Associar o teor de iodo no sal de consumo domiciliar, em temperos industrializados e caseiros com estado nutricional de iodo (Artigo original 1);
- Associar o estado nutricional de iodo com variáveis de insegurança alimentar e nutricional (Artigo original 1 e 2);
- Associar o estado nutricional de iodo com o estado de ferro, selênio e zinco (Artigo original 2);
- Analisar o conteúdo de iodo na água e nos alimentos mais frequentemente consumidos pela população e sua procedência e o estado nutricional de iodo (Artigo original 3).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Delineamento e casuística

Trata-se de um estudo transversal, realizado na Região Geográfica Imediata de Viçosa pertencente a Região Geográfica Intermediária de Juiz de Fora (IBGE, 2017), tendo como público envolvido agricultores familiares adultos (<20 a ≤59 anos), cadastrados na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais-EMATER.

A Região Geográfica Intermediária de Juiz de Fora é composta por 146 municípios, divididas em 10 Regiões Geográficas Imediatas como apresentado no Quadro 2. A Região Geográfica Imediata de Viçosa é composta por 12 municípios sendo eles: Araponga, Cajuri, Canaã, Coimbra, Ervália, Paula Cândido, Pedra do Anta, Porto Firme, Presidente Bernardes, São Miguel do Anta, Teixeiras e Viçosa. Destes 9 possuem equipe completa atuante da empresa de assistência técnica, sendo: Cajuri, Canaã, Coimbra, Ervália, Paula Cândido, Pedra do Anta, São Miguel do Anta, Teixeiras e Viçosa (IBGE, 2017).

A escolha desta região deu-se devido a necessidade de parceria com a empresa para identificação dos agricultores, auxiliando assim, na execução do trabalho, já que as comunidades rurais em muitos casos são de difícil acesso.

Quadro 2. Estratificação da Região Geográfica Intermediária de Juiz de Fora

Região Geográfica Intermediária	Região Geográfica Imediata (número de municípios)
Juiz de Fora	Juiz de Fora (29)
	Manhuaçu (24)
	Ponte Nova (19)
	Ubá (17)
	Muriaé (12)
	Viçosa (12)
	Cataguases (10)
	Carangola (9)
	João Nepomuceno-Bicas (9)
	Além Paraíba (5)

Fonte: IBGE, 2017

Este estudo utilizou um plano de amostragem, definindo-se que o trabalho abordaria a Região Geográfica Intermediária de Juiz de Fora- Minas Gerais, sendo avaliado a Região Geográfica Imediata de Viçosa-MG. Dividiu-se em estágios a dinâmica do projeto.

Primeiro estágio: contou com seleção da Região Geográfica Imediata de Viçosa devido ao maior número de escritórios da EMATER parceiros.

Segundo estágio: atendeu –se o critério de inclusão de ter um escritório da EMATER local como parceiro (n=9 municípios) e que desejasse participar (n=8 municípios).

Terceiro estágio: constou em cálculo do número de adultos que deveria ser visitados, segundo proporcionalidade da população rural dos municípios.

Quarto estágio: sorteio dos indivíduos participantes através da lista de agricultores cadastrados; estes foram convidados a participar, da entrevista por telefone, com agendamento prévio.

Quinto estágio: ida ao domicílio para coleta de sangue, urina e alimentos.

Sexto estágio: retornos

4.2. Amostragem

O cálculo amostral foi realizado no programa OpenEpi®, através da equação:

$$n = \frac{EDFF * N * p(1-p)}{[(d^2 / Z^2 * 1 - \alpha / 2 * (N-1)) + p * (1-p)]}$$

Considerou-se:

N= tamanho da população, o total da população rural (IBGE, 2010a) → 31090

p = prevalência de deficiência de iodo de 14,1%, já que não existem dados nacionais de deficiência de iodo em adultos sendo utilizado resultado de prevalência em escolares rurais (SANTOS; CESAR, 2016);

d= erro tolerável de 5%, nível de confiança de 95%;

Z= escore padrão de distribuição normal de 1,96;

EDFF = efeito do desenho do estudo de 1,5 para amostras aleatórias da zona rural (HIRSCHMANN; GOMES; GONÇALVES, 2018).

Após o cálculo obteve-se o número de indivíduos de 278. Considerando um adicional de 10% para desistência, dados incompletos e controle de fatores de confusão (HIRSCHMANN; GOMES; GONÇALVES, 2018), resultou em uma amostra final de 306 indivíduos.

Posteriormente, realizou-se a estratificação segundo municípios como é representada no Quadro 3. Com auxílio do cadastro de agricultores familiares da empresa, foi sorteado os indivíduos, em caso de não aceite um novo sorteio envolvendo todos os cadastrados foi feito, até atingir o número de indivíduos que deveriam ser avaliados no município. Além disso, o número de indivíduos visitados respeitou a proporcionalidade de cada município dentro da região de Viçosa-MG, e considerou a proporção por sexo (Quadro 4).

Quadro 3. Distribuição do número de indivíduos adultos a serem avaliados segundo proporcionalidade rural.

Municípios	População			Proporção de indivíduos residentes da Zona Rural (%)*	Número de indivíduos que foram avaliados nos municípios
	Total	Urbano	Rural		
Cajuri	4047	2096	1951	6	19
Canaã	4628	1859	2769	9	27
Coimbra	7054	5156	1898	6	19
Ervália	17946	9470	8476	27	83
Paulo Cândido	9271	4936	4335	14	43
São Miguel do Anta	6760	3746	3014	10	30
Teixeiras	11355	7623	3732	12	37
Viçosa	72220	67305	4915	16	48

*Levou em consideração o número de indivíduos residentes na zona rural

O contato inicial com os participantes de cada município aconteceu por meio de uma ligação da empresa de assistência técnica e/ou da unidade de saúde municipal parceira do projeto para que os voluntários autorizem a disponibilização do número telefônico aos pesquisadores. Em caso de aceite, os pesquisadores entravam em contato com o agricultor com objetivo de apresentar o projeto, esclarecer dúvidas quanto à execução. Após esta ligação era agendado a entrevista via telefone e posteriormente a ida ao domicílio para coleta de sangue, urina e alimentos.

Quadro 4. Distribuição do número de indivíduos adultos a serem avaliados segundo proporcionalidade rural e sexo.

Municípios	População rural			Número de indivíduos avaliados nos municípios*	
	Total	Homem	Mulher	Homem	Mulher
Cajuri	1951	1073	878	10	9
Canaã	2769	1448	1321	14	13
Coimbra	1898	1003	895	10	9
Ervália	8476	4473	4003	44	39
Paulo Cândido	4335	2272	2063	23	20
São Miguel do Anta	3014	1607	1407	16	14
Teixeiras	3732	1930	1802	19	18
Viçosa	4915	2582	2333	25	23

*Levou em consideração o número de indivíduos residentes na zona rural, de acordo com sexo.

4.3. Critérios de inclusão e não inclusão

Foram selecionados os municípios que possuíam escritório local da empresa de assistência técnica e extensão rural parceira do projeto com presença do profissional de assistência de bem-estar social. Sendo considerados elegíveis para o estudo adultos (<20 a ≤59 anos) residentes na zona rural dos municípios selecionados pertencentes a Região Geográfica Imediata de Viçosa-MG.

4.4. Aspectos éticos

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (Número do Parecer: 4.664.517). A equipe seguiu as “Orientações para procedimentos em pesquisa com qualquer etapa em ambiente virtual”, publicado pelo Ministério da Saúde via Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, de 24 de fevereiro de 2021 (Apêndice 1).

O contato inicial com os participantes sorteados para aplicação do questionário ocorreu via telefone, por intermédio das instituições parceiras do projeto, uma vez que estes possuíam o cadastro dos voluntários. Este acesso dos pesquisadores ao telefone dos

voluntários, ocorreu posterior a uma ligação realizada pela empresa e/ou unidade de saúde, a fim de que os voluntários permitissem a disponibilização do número telefônico e interesse em conhecer os objetivos do projeto. Após este aceite feito por intermédio dos parceiros, os pesquisadores ligavam, agendavam o melhor dia e horário para conversar com o voluntários. Posteriormente, em caso de aceite os pesquisadores realizavam a leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice 2), e estando de acordo o voluntário era entrevistado e posteriormente era agendado a ida aos domicílios para coleta de sangue, urina e alimentos (Figura 16).

Após a liberação dos resultados dos exames bioquímicos, ocorreu os encaminhamento e orientações individualizadas, caso necessário. Esta ação contou com o encaminhamento à unidade de Estratégia de Saúde da Família de cada município, através da parceria com o agente comunitário de saúde responsável pelo setor de moradia do agricultor familiar. Sendo realizado reuniões de apresentação das informações e discussão dos casos. Os resultados foram compilados e apresentados a secretaria de saúde, através de apresentação, relatório impresso e entrega de material educativo (Apêndice 3).

Ao final do projeto todos os resultados adquiridos com este estudo estarão disponíveis para o Ministério da Saúde (MS), Ministério do Desenvolvimento Social e Agrário (MDSA), Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), escritórios da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER), além das Secretarias de Saúde dos Municípios.

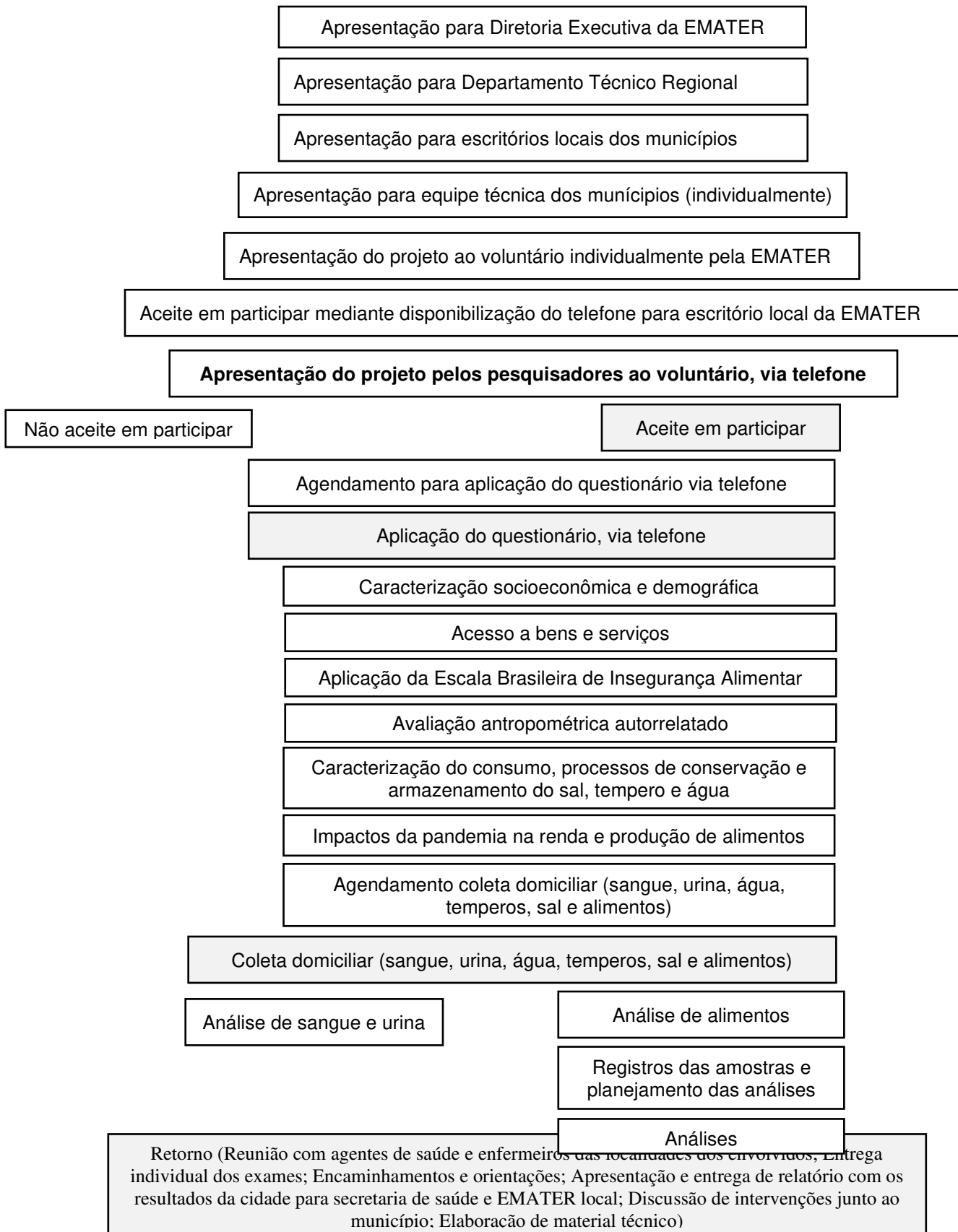


Figura 16. Etapas do projeto “Fatores associados ao estado nutricional de iodo em adultos agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-MG”

4.5. Estudo piloto

Foi realizado um estudo piloto em uma comunidade da zona rural do Município de Viçosa, a fim de adaptar os instrumentos utilizados, por telefone, para a coleta das informações, sendo realizado com três agricultores familiares adultos, residentes na cidade de Viçosa-MG. Estes não entraram no estudo final, mas receberam todos os retornos necessários.

4.6. Caracterização sócioeconômica, demográfica e produção

Para caracterização da população foram coletadas informações via telefone socioeconômicas e demográficas a partir da aplicação de questionário semiestruturado. Sendo obtidas informações referentes ao sexo, idade, escolaridade, estado civil, cor autodeclarada e ocupação atual. A renda *per capita* é calculada a partir da soma do valor da renda informada de todos os membros da família dividido pelo número de moradores no domicílio. As condições de moradia foram avaliadas de acordo com a Pesquisa de Padrões de Vida do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1998). Além disso, foi questionado informações quanto aos moldes produtivos, fatores de entrave da COVID-19 na produção e insegurança alimentar (Apêndice 4).

4.7. Caracterização das condições de saúde e consumo alimentar

Com auxílio de questionário foi perguntado aos agricultores familiares, se tinham doenças como hipertensão, diabetes, hipercolesterolemia, depressão, além de histórico de doenças familiares, tabagismo (SANTOS *et al.*, 2011) e utilização de álcool e frequência de consumo adaptado constando em duas questões quantidade consumida e frequência (BUSH *et al.*, 1998) (Apêndice 5).

Foi utilizado ainda instrumento para avaliação da procedência e cuidados com o sal, temperos e água (Apêndice 6)

4.8. Avaliação da insegurança alimentar

A percepção da insegurança alimentar, contará com a EBIA (Anexo 1), este instrumento conta 14 perguntas relativos aos três meses anteriores à entrevista. Utilizando na totalidade as perguntas para aqueles domicílios onde tiver presença de menores de 18 anos. Se no domicílio não tiver a presença deste menor, será aplicada somente até a oitava questão. Essa escala estima prevalências de insegurança alimentar e classifica os domicílios em quatro categorias com três níveis de intensidade: segurança alimentar, insegurança alimentar leve, moderada ou grave, definidas por diferentes pontos de corte, de acordo com a composição etária do domicílio (Quadro 5).

Quadro 5. Pontuação para classificação dos domicílios nas categorias de segurança alimentar.

Categoria	Pontuação para famílias com presença de menores de 18 anos	Pontuação de famílias apenas com moradores de 18 anos ou mais
Segurança Alimentar	0	0
Insegurança Alimentar Leve	1 – 5	1 – 3
Insegurança Alimentar Moderada	6 – 9	4 – 6
Insegurança Alimentar Grave	10 – 14	7 – 8

Fonte: SEGALL-CORREA, MARIN-LEON, 2009; IBGE, 2009

4.9. Avaliação antropométrica

Foram coletadas informações referentes ao peso e estatura autorreferidos, segundo estratégia da Vigilância de Fatores e Proteção de Risco Cardiovascular por Inquérito Telefônico (VIGITEL) “O(a) Sr.(a) sabe seu peso (mesmo que seja valor aproximado)?”, “O(a) Sr.(a) sabe sua altura?” (BRASIL, 2020. Calculou-se o Índice de Massa Corporal (IMC), com as seguintes estratificações (WHO, 1995) (Apêndice 5):

- Baixo peso: $<18,5 \text{ kg/m}^2$
- Eutrófico: $\geq 18,5 \text{ kg/m}^2$ a $\leq 24,9 \text{ kg/m}^2$

- Sobrepeso: $\geq 25,0 \text{ kg/m}^2$ a $<30,0 \text{ kg/m}^2$
- Obesidade: $\geq 30 \text{ kg/m}^2$

4.10. Avaliação bioquímica

As coletas de sangue e urina foram realizadas no domicílio dos participantes por coletador treinado do laboratório contratado pelo projeto. As amostras de sangue foram transportadas em sete tubos “livres de metais”, SST II Advance da marca BD Vacutainer® de 5mL. A coleta acontecia após 12 horas de jejum no período da manhã. Diariamente ocorriam aproximadamente 5 coletas. As amostras eram armazenadas em caixa de polietileno e encaminhadas ao laboratório para a sua análise. Para as amostras de urina casual era coletado 50 mL em pote de plástico estéril e em esbalagens de polietileno eram armazenadas e transportadas.

Os métodos utilizados nas análises são apresentados no Quadro 6 e os valores de referências utilizados no Quadro 7.

Quadro 6. Variável a ser dosada, kit e método utilizado para avaliação das concentrações séricas de ferritina, PCR, Selênio, T3, T4 L, Tireoglobulina, TSH, Zinco e Concentração de Iodo Urinário (CIU), em estudo realizado com adultos agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-MG, 2022.

Variável	Kit	Método
Ferritina	Acess Ferritin	Quimioluminescência
Hemograma	-	Morfológico em esfregaços corados com corantes panópticos (Leishman)
Iodo urinário	-	Espectrometria de Massas com plasma indutivamente acoplado (Icp-MS)
Proteína Reativa C	CRP Latex	Imunoturbidimetria
Selênio	Validação <i>in house</i>	Espectrometria De Massas Com Plasma Indutivamente Acoplado - Icp/MS
T3	Acess Total T3	Quimioluminescência
T4 Livre	Acess Free T4	Quimioluminescência
Tireoglobulina	Thyroglobulin	Quimioluminescência
TSH	Access TSH 3rd IS	Quimioluminescência
Zinco	Randox Zinco (Zn)	Colorimétrico

*Hemograma= Hemoglobina, Hematócrito, Hemoglobina (g/dL), VCM, HCM, CHCM e RDW

Quadro 7. Variáveis, parâmetros de referência e referência bibliográfica para avaliação das concentrações dosadas para adultos agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-MG.

Variável	Parâmetro	Referência
Hemoglobina (g/dL)	Mulheres < 12,0 deficiência Homens <13,0 deficiência	WHO, 2011
Ferritina (ng/mL)	< 30,0 – Depleção dos estoques de ferro	CANÇADO <i>et al.</i> , 2010
VCM (fL)	80 a 98	MONTEIRO <i>et al.</i> , 2010
HCM (pg)	26 a 34	MONTEIRO <i>et al.</i> , 2010
CHCM (g/dL)	31 a 37	MONTEIRO <i>et al.</i> , 2010
RDW (%)	38,6 – 49,1	CANÇADO <i>et al.</i> , 2010; MONTEIRO <i>et al.</i> , 2010
Selênio sérico (µg/L)	>30 a <120	GONZAGA; MARTENS; COZZOLINO, 2007
Zinco sérico (µg/dL)	< 70 – risco de deficiência	YUYAMA <i>et al.</i> , 2007 apud GIBSON, 1990
CIU (µg/L)	Ingestão insuficiente ≤ 99,0 µg/L, adequado entre 100 a 199 µg/L, mais que adequada entre 200 a 299 µg/L e excessiva ≥300 µg/L	WHO, 2013
TSH (µUI/mL)	>0,4 a ≤ 4,5	CARVALHO, PEREZ, WARD, 2013
T3 (ng/mL)	>80 a <180	CARVALHO, PEREZ, WARD, 2013
T4 livre (ng/dL)	>0,7 a >1,8	CARVALHO, PEREZ, WARD, 2013
Tireoglobulina (ng/mL)	>3,0 a < 42,0	JACOBS <i>et al.</i> , 2001; MCPHERSON; PINCUS, 2017; KANAAN, 2019

Para avaliação do estado nutricional de ferro ainda foi utilizado a combinação de três indicadores, Ferritina (ng/mL), Hemoglobina (g/dL) e RDW (%), segundo sugestão de Cançado *et al.* (2010):

- Depleção dos estoques de ferro:

Ferritina (ng/mL) < 30,0 e normal para Hemoglobina (g/dL) e RDW (%);

- Eritropoiese deficiente em ferro:

Ferritina (ng/mL) < 30,0, normal para Hemoglobina (g/dL) e aumentado para RDW(%);

- Anemia ferropênica:

Ferritina (ng/mL) < 30,0, diminuído para Hemoglobina (g/dL) e aumentado para RDW(%).

A determinação das concentrações iodo urinário (CIU) foi realizada, segundo indicações do Estudo Multicentrico de Deficiência de Iodo (EMDI-Brasil), utilizando-se um espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) modelo Elan DRC II (Perkin-Elmer, Norwalk, CT). Este utiliza um nebulizador concêntrico do tipo Meinhard (Spectron/Glass Expansion, Ventura, CA, USA) e câmara de nebulização do tipo ciclônica. A radiofrequência (RF) selecionada será de 1100 watts no modo pulso. Os dados foram obtidos usando 20 varreduras de leitura em triplicata. A vazão de gás no nebulizador foi otimizada com bomba peristáltica operando em uma rotação de 20rpm. Os resultados foram obtidos em contagens por segundo.

Os reagentes utilizados, foram solução estoque multielementar contendo 1000 mgL⁻¹ de iodo. As soluções e amostras foram preparadas e manipuladas em sala limpa classe 1000. Água deionizada de alta pureza foi obtida usando um sistema de purificação por osmose reversa seguida de um Milli-Q (Millipore, Bedford, MA, USA). Todas as soluções foram estocadas em tubos de polietileno. E os materiais utilizados descontaminados em imersão em solução de 10% (v/v) de HNO₃ (ácido nítrico) e depois enxaguados de 3 a 5 vezes com água Milli-Q e secos em capela de fluxo laminar antes do uso.

Para o preparo das amostras e análises por ICP-MS foi utilizado o método proposto por Marcus *et al.* (2008) com algumas modificações, sendo 500 µL de cada amostra de urina diluída com 9 mL de solução contendo TMAH 1% (v/v) + 0,01% Triton X-100. As

curvas de calibração foram preparadas em meio de urina base de origem bovina. As amostras diluídas e as soluções de calibração foram diretamente injetadas no ICP-MS.

O controle de qualidade dos resultados foi feito com análise de material de referência certificada de urina proveniente na National Institute of Standards and Technology (NIST), SRM 2670a - Toxic Elements in Freeze-Dried Urine.

A classificação de CIU segue os critérios epidemiológicos listados no Quadro 8.

Quadro 8. Critérios epidemiológicos para avaliar o estado nutricional em iodo de acordo com a mediana da concentração urinária de iodo em adultos.

Valor mediano (µg/L)	Ingestão de iodo	Nutrição de iodo
<20	Insuficiente	Deficiência grave
20-49	Insuficiente	Deficiência moderada
50-99	Insuficiente	Deficiência leve
100-199	Adequada	Ótima
200-299	Mais que adequada	Risco de hipertireoidismo iodo-induzido em cerca de 5-10 nos após a introdução da iodação do sal com altos níveis de iodo
≥300	Excessiva	Risco de desenvolver efeitos adversos (hipertireoidismo iodo-induzido, tireoidite crônica auto-imune)

Fonte: WHO, 2007.

4.11. Determinação das concentrações de iodo em alimentos

4.11.1. Amostras

As amostras de alimentos foram coletadas através de visitas domiciliares aos agricultores sorteados que desejaram participar. A escolha dos alimentos a serem analisados foi definida a partir de estudos anteriores na região considerando a disponibilidade dos alimentos produzidos (DUTRA *et al.*, 2018; LOPES, 2017). Os alimentos foram alface, couve, feijão, fubá, leite, mel, ovo, pó de café e queijo. Em todos os domicílios participantes era solicitado uma amostra destes alimentos, porém nem todos produziam estes alimentos.

As amostras coletadas eram armazenadas em caixas térmicas transportadas em temperatura ambiente até laboratório de Análise e Química de Alimentos do

Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa -Brasil, onde eram catalogadas. As amostras foram congeladas e acondicionadas a -20°C , com exceção das amostras de ovos que ficaram sob refrigeração (4°C) por até 2 dias.

Eram registrado a data de coleta, identificação do agricultor produtor e tipo de alimento. As amostras foram coletadas e analisadas entre os meses de julho de 2021 a agosto de 2022.

4.11.2.1. Determinação das concentrações de iodo em alimentos

As análises para a determinação das concentrações de iodo em alimentos foram realizadas através do Método Colorimétrico, proposto por Moxon e Dixon (1980) com adaptações de Perring, *et. al.* (2001). A técnica é baseada na determinação colorimétrica do iodo por meio de seu papel catalítico na destruição do complexo férrico-tiocianato pelo nitrito, catalisado pelo iodeto acompanhado do decréscimo na sua coloração avermelhada, com medição em espectrofotômetro das absorvâncias a 454 nm. A quantificação do conteúdo de iodo presente nas amostras de alimentos era determinada pela comparação dos valores encontrados com os da curva de calibração. Esta era construída a cada dia de análise com novo reagente.

4.11.2.2. Pré-preparo das amostras de alimentos

Para alface e couve eram trituradas em mix, congeladas e posteriormente raladas em ralador doméstico manual até obter uma pasta. Eram armazenados em potes de polietileno de 50 mL. Retirava-se para análise em duplicata de 0,500 g e o restante era congelado a -20°C

Já as amostras de feijão e milho eram moídas em moinho de facas “Analítico A11 Basic Mill” e posteriormente peneiradas e armazenados em tubos Falcom de 15 mL a -20°C até o momento das análises.

As amostras de queijo e ovos não eram congeladas e sim refrigeradas após a chegada do campo e analisadas em até 2 dias. O queijo foi macerado em gral e com pistilo de porcelana 60 ml até obter uma pasta e analisado imediatamente. Retirava-se a amostra em duplicata de 0,500 g e o restante era congelado a -20°C .

Já para os ovos, eram separados da casca e misturados a clara e gema até a obtenção de uma amostra homogênea e posteriormente analisadas.

Amostras de fubá, leite, mel e pó de café foram misturados com auxílio de bastão de vidro dentro do próprio pote de coleta antes da sua pesagem de 0,500 g. As análises eram realizadas em duplicatas e o restante era congelado em -20°C.

4.11.2.3. Preparo das amostras de alimentos

Aproximadamente 0,500 g de amostra de alimentos eram pré-preparados e pesados em balança analítica. Eles eram colocados em cadinhos identificados, limpos, secos e desmineralizados previamente e posteriormente, com auxílio de uma pipeta monocal de 1000 µL era adicionado 1,0 mL de sulfato de zinco 10% e 1,0 mL de carbonato de potássio 30% m/v. Estes eram misturados até a obtenção de uma pasta com auxílio de um bastão de vidro e nas laterais era jogado um pequeno jato de água ultrapura para a retirada de possíveis resíduos aderido no bastão. Após finalizado esta etapa o cadinho era levado à estufa a 95°C onde ficava por aproximadamente 14 horas.

Após a secagem, os cadinhos eram tampados e levados à mufla que aumentava a temperatura lentamente até 550°C por 60 minutos. Após este tempo a mufla era desligada e esperava-se diminuir um pouco a temperatura para a retirada dos cadinhos com auxílio de uma pinça. Após esfriar, adicionava-se com 1,0 mL da solução de sulfato de zinco 10% nas cinzas escuras. Misturava-se a pasta formada com um bastão de vidro e lavava-se o resíduo deixado na haste em volta do cadinho com um pequeno jato de água ultrapura. Repetia-se o procedimento de secagem em estufa a 95° C por mais 14 horas e posteriormente colocava na mufla novamente a 550°C por 60 minutos até a obtendo-se cinzas claras ou brancas.

Após o resfriamento do cadinho, a mistura era transferida para um balão volumétrico de 50 mL com auxílio de um bastão de vidro e água ultrapura; e aferido seu volume. Em seguida, a mistura era transferida para tubos Falcon de 15mL e centrifugado a 957 por 5 min. O sobrenadante era obtido da amostra e utilizado na quantificação do conteúdo de iodo.

4.11.2.4. Curva analítica de iodo

Preparou-se a solução padrão de iodeto de potássio (KI) pesando, em balança analítica, com auxílio de um béquer de 5 mL e espátula, 0,5232g de KI. Em seguida, o reagente era dissolvido em água ultrapura e transferido para um balão volumétrico de 100 mL, posteriormente aferido com água ultrapura e homogeneizado. Obteve-se, uma solução padrão de iodo de $4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Desta solução padrão de iodo de $4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, retirou-se 10 mL, utilizando uma pipeta volumétrica de 10 mL, e transferiu-se para um balão volumétrico de 1000 mL, aferindo-se com água ultrapura e homogeneizado. Obtendo uma solução padrão de iodo de $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Transferiu-se, utilizando uma pipeta volumétrica de 50 mL, 50 mL da solução padrão de iodo de $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para um balão volumétrico de 1000 mL, aferido com água ultrapura e homogeneizado. Obteve-se, solução padrão de iodo de $2000 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Desta solução padrão de iodo de $2000 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ foram pipetadas em balões volumétricos de 100 mL, 0,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 e 12,0 mL. Em seguida, era adicionado 1 mL da solução de carbonato de potássio a 30% m/v em cada tubo e aferiu-se com água ultrapura. Transferindo o conteúdo de cada balão para os frascos âmbar onde cada um continham uma concentração final de 0,0; 40,0; 80,0; 120,0; 160,0; 200,0 e 240,0 $\mu\text{g}/\text{L}$, para obter as soluções padrões de iodo de uso.

Em uma série de tubos Falcon de 15 mL foram pipetados com auxílio de uma micropipeta monocal de 10.000 μL , 0,5 mL da solução padrão de uso e 4,5 ml de água ultrapura. Na sequência, foi adicionado, utilizando uma micropipeta, 1,0 mL de solução de tiocianato de potássio (0,023 %m / v), com uma micropipeta monocal de 10.000 μL foi acrescido 2,0 mL de solução de sulfato de amônio férrico (7,7% m/v em HNO_3 2,0 mol L^{-1}) e 2,0 mL de solução de nitrito de sódio (0,02 % m /v) resultando em um volume total de 10 mL na reação, com concentração de iodo de 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 $\mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. Os tubos eram levados para agitação vórtex e colocados em banho termostático a 60 °C por 60 minutos. Em seguida, os tubos eram colocados em banho de gelo por 10 minutos.

Posteriormente, eram feitas as leituras da absorvância a 454 nm num espectrofotômetro Raileigh, à temperatura ambiente, previamente zerado com água ultrapura. Uma curva analítica de absorvância a 454 nm versus concentração de iodo (μg de iodo L^{-1}) foi construída e por regressão linear foi obtida uma equação da reta para quantificação de iodo. As soluções padrão de iodo da curva analítica variaram de 0 a 12,0 μg de iodo L^{-1} . A curva analítica foi feita em duplicata.

Todos os reagentes utilizados foram da marca Sigma Aldrich®, de elevada pureza analítica. As soluções e reagentes foram preparados utilizando água ultrapura obtida por sistema Milli-Q®185 de água ultrapura tipo 1, equipamento PURELAB Classic com resistividade de 18,2M Ω /cm, a 25°C.

4.11.2.5. Determinação de iodo nos alimentos

Com tubos Falcon de 15 mL eram pipetados 1,0 mL do sobrenadante obtido da centrifugação das amostras e 4,0 mL de água ultrapura. Em seguida, o mesmo procedimento foi aplicado com a sequência de adição dos reagentes, até leitura da absorvância a 454 nm em temperatura ambiente. O espectrofotômetro era previamente zerado com água ultrapura. Todas as análises foram realizadas em duplicata e a concentração média de iodo expressa em $\mu\text{g}/\text{L}$ (Apêndice 7).

4.12. Determinação da concentração de iodo no sal

As amostras eram coletadas nos domicílios em potes de polietileno de 50g e identificadas. As mesmas, eram armazenadas em caixas térmicas transportadas em temperatura ambiente até laboratório de Análise e Química de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa -Brasil, onde eram catalogadas e armazenadas a - 20°C até o momento das análises

A técnica utilizada neste trabalho é recomendada pelo Ministério da Saúde, utilizando o iodato de potássio (KIO_3) em meio ácido e na presença de iodeto de potássio (KI), reagindo liberando o iodo, que foi imediatamente titulado com tiosulfato de sódio,

utilizando como indicador solução de amido (Anexo 2). As amostras que apresentarem níveis de iodo entre 15 e 45 mg/kg serão consideradas adequadas, de acordo com a recomendação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2013; MAYER, 2022).

4.13. Determinação da concentração de iodo no tempero

As amostras de tempero utilizado pelos agricultores familiares foram coletadas ou mesmo solicitada sua preparação para a obtenção das amostras de 20 gramas. O mesmo, era armazenado em recipiente de plástico vedado e identificado. As amostras foram transportadas em caixas térmicas para o Laboratório de Pesquisa de Química e Análise de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa e armazenadas em temperatura média de -20°C até o momento da análise.

A análise do conteúdo de iodo no tempero foi realizado em triplicata, por espectrofotometria utilizando-se o método proposto por Moxon e Dixon (1980) com adaptações de Perring *et. al.*, (2001) e descrito por Mayer *et al.* (2022). Esta técnica baseia-se na determinação colorimétrica do iodo por meio de seu papel catalítico na destruição de um complexo férrico-tiocianato pelo íon nitrito catalisado pelo iodeto acompanhado do decréscimo na sua coloração avermelhada, com medição das absorvâncias a 454 nm, em espectrofotômetro.

A quantificação do conteúdo de iodo presente nas amostras foi determinada por meio de comparação com uma curva de calibração construída assim, como ocorreu com os alimentos. Os resultados foram expressos em µg/100g (Anexo 3)

4.14. Determinação da concentração de iodo na água

A análise do conteúdo de iodo na água foi realizada coletando amostras de 500 mL de água da torneira, desprezando o primeiro jato. O transporte foi realizado em caixas térmicas contendo bolsa de gelo. Ao chegar ao laboratório eram catalogadas e

armazenadas a -20°C até a análise. A determinação da Concentração de lodo na Água foi realizada pelo Método Espectofotométrico “Leuco Cristal Violeta”, no laboratório de pesquisa de Química e Análise de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa – UFV (MAYER *et al.*, 2022) (Anexo 4).

4.15. Directed Acyclic Graph (Dag)

O conjunto mínimo de possíveis fatores associados a CIU, assim como viés de confusão e seleção foram determinadas pelo *Directed Acyclic Graph (DAG)* no programa DAGitty® versão 3.0 (SHRIER; PLATT, 2008). Este consistiu em uma busca na literatura a fim de, identificar os fatores.

4.16. Revisão sistemática e metanálise

Para as revisões sistemáticas foi seguido as orientações do Protocolo PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PAGE *et al.*, 2021). O registro das revisões foi realizado pelo *International Prospective Register of Systematic Reviews* (PROSPERO). A organização da estratégia de busca contou com auxílio do *Protocolo Peer Review of Electronic Search Strategies* (PRESS). Para a avaliação da qualidade metodológica dos artigos selecionados para revisão sistemática, o risco de viés, foi segundo ferramentas recomendadas pelo Instituto Joanna Briggs considerando o delineamento dos estudos incluídos na revisão (INSTITUTO JOANNA BRIGGS, 2017).

As informações para a realização da metanálise foram organizadas em Excel e posteriormente exportadas para o *software* RStudio, versão 4.2.0. A função *metacor* do pacote *meta* foi usada para resumir os coeficientes. Para avaliar o viés de publicação, foi aplicado o teste de simetria de funil (BALDUZZI; RÜCKER; SCHWARZER, 2019). A heterogeneidade entre os estudos foi avaliada pelo Q de Cochrane (χ^2 p <0,10) e quantificada pelo quadrado da variância inversa (I²). Valores acima de 25%, 50% e 75% foram considerados heterogeneidade baixa, moderada e alta, respectivamente. Para todas as análises, foi considerado o efeito aleatório, considerando a moderada ou alta

heterogeneidade observada ($I^2 > 50\%$). Todos os resultados foram resumidos em gráfico forest plot, usando a função forest do pacote metafor (VIECHTBAUER, 2010).

4.17. Análise estatística

Os dados foram digitados em duplicata e validados no Microsoft Excel®, para conferência dos dados. A análise dos dados foi realizada no programa estatístico SPSS versão 20, STATA versão 14 e as metanálises Software R. Para verificar a normalidade das variáveis foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov. As variáveis foram apresentadas conforme padrão de distribuição apresentado nesse teste. Realizou-se análise descritiva dos dados, distribuições de frequências, média e desvio padrão para as variáveis com distribuição normal e mediana e intervalo de confiança de 95% para as variáveis que não apresentaram distribuição normal.

Realizou-se testes de comparação de grupos Teste T e Anova, Mann-Whitney e Kruskal-Wallis, segundo normalidade, além de Qui-quadrado e correlações de Pearson e Spearman, todas as análises considerando valores significantes $p < 0,05$.

Foram realizadas análises de regressão que permitiam estimar a probabilidade de ocorrência da deficiência de iodo (variável resposta), em função dos indicadores socioeconômicos, demográficos, nutricionais, de saúde, produtivos e sociais (variáveis preditivas), estabelecidos pela literatura científica. Além da avaliação da correlação de indicadores de função tireodiana com demais variáveis.

A construção dos modelos multivariados, foram realizadas através de análise de análises univariadas das potenciais variáveis preditivas com a variável resposta, sendo incluídas no processo de modelagem as que apresentarem valores de $p < 0,20$, e mantidas no modelo final aquelas que apresentarem valor de $p < 0,05$, seguido de ajuste final (R^2).

4.18. Referências

BALDUZZI, S; RÜCKER, G; SCHWARZER, G. How to perform a meta-analysis with R: a practical tutorial. **Evidence-based mental health**, v. 22, n. 4, p. 153-160, 2019. 21 september, 2022 < 10.1136/ebmental-2019-300117 >

BRASIL. Ministério da Saúde. Ofício Circular Nº 2/2021/CONEP/SECNS/MS. Orientações para procedimentos em pesquisas com qualquer etapa em ambiente virtual. Brasília, 24 de fevereiro de 2021.

BUSH, K. et al. The AUDIT alcohol consumption questions (AUDIT-C): an effective brief screening test for problem drinking. **Archives of internal medicine**, v. 158, n. 16, p. 1789-1795, 1998. Disponível em: https://auditscreen.org/cmsb/uploads/audit_portuguese.pdf Acesso: 08 de fevereiro de 2019.

CANÇADO, R. D.; CHIATTONE, C. S. Anemia ferropênica no adulto: causas, diagnóstico e tratamento. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, p. 240-246, 2010

CARVALHO, G. A.de; PEREZ, C. L. S.; WARD, L. S. Utilização dos testes de função tireoidiana na prática clínica. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 57, p. 193-204, 2013.

GONZAGA, I. B.; MARTENS, A.; COZZOLINO, S. M. F.. Selênio. In: COZZOLINO, Silvia M. F.. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2007. Cap. 28. p. 575-613.

HIRSCHMANN, R.; GOMES, A. P.; GONÇALVES, H. Sintomatologia depressiva entre moradores da zona rural de uma cidade no Sul do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias : 2017 / IBGE, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro : IBGE, 2017. 82p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Padrões de Vida do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- Rio de Janeiro : IBGE, 1998.

MONTEIRO, L. Valores de referência do RDW-CV e do RDW-SD e sua relação com o VCM entre os pacientes atendidos no ambulatório do Hospital Universitário Oswaldo Cruz-Recife, PE. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, p. 34-39, 2010

MOXON, R. E. D.; DIXON, E. J. Semi-automatic method for the determination of total iodine in food. **Analyst**, v. 105, n. 1249, p. 344-352, 1980.

SANTOS, J. D. P. dos et al. Instrumentos para avaliação do tabagismo: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, p. 4707-4720, 2011.

SEGALL-CORRÊA, A. M.; MARIN-LEON, L. A segurança alimentar no Brasil: proposição e usos da Escala Brasileira de Medida da Insegurança Alimentar (EBIA) de 2003 a 2009. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 16, n. 2, p. 1-19, 2009.

VIECHTBAUER, W. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. **Journal of statistical software**, v. 36, n. 3, p. 1-48, 2010. 21 september, 2022 <
<https://doi.org/10.18637/jss.v036.i03>>

WHO. World Health Organization. Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity. 2011. Disponível em:
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/85839/WHO_NMH_NHD_MNM_11.1_eng.pdf. Acesso dia: 02 de dezembro de 2022.

WHO. World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: World Health Organization; 1995.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A elaboração da tese quanto aos resultados foi construída com três artigos de revisão, destes dois com metanálises e três artigos originais derivados do banco de dados do “Projeto Iodo Rural” e em apêndice com uma discussão sobre a situação dos agricultores avaliados durante o período de pandemia, também derivada deste banco. Foi neste último material trabalhado a COVID nesta população de adultos agricultores familiares com variáveis de insegurança alimentar e nutricional e produção. Optou-se por colocar em apêndice este material, uma vez que, o mesmo não contempla de forma direta os objetivos da tese, porém a coleta de dados foi realizada durante o período de julho de 2021 à agosto de 2022, período no qual a pandemia ainda ocasionava modificações no comportamento social e econômico. Assim, não podendo deixar de ser ressaltado neste trabalho.

Os artigos de revisão tiveram por objetivo discorrer sobre a associação entre o estado nutricional de iodo e de ferro, selênio e zinco em estudos populacionais, avaliar a associação entre insegurança alimentar e deficiência de micronutrientes em adultos e também conhecer a prevalência do estado nutricional de iodo, ferro, selênio e zinco, indicadores utilizados e fatores associados em estudos com adultos brasileiros.

Os artigos originais tiveram como discussões chaves, fatores associados ao estado nutricional de iodo, ferro, selênio, zinco e função tireoidiana, além da quantificação do conteúdo de iodo em alimentos produzidos pelos agricultores familiares, água, sal e tempero e sua relação com a concentração urinária de iodo.

Todo este trabalho foi contextualizado como um promotor de diagnóstico e proposição de ações de políticas de alimentação, nutrição e saúde. Sendo elas: Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN), Política Nacional de Saúde Integral das Populações do Campo e da Floresta, Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PNSAN) e Política Nacional de Atenção Básica (PNAB).

5.1. Artigo de revisão 1

Nutritional status of iodine and association with iron, selenium and zinc in population studies: a systematic review and meta-analysis

Sílvia Oliveira Lopes, Edna Miranda Mayer, Dayane de Castro Morais, Francilene Maria Azevedo, Jersica Martins Bittencourt, Aline Carrare Candido, Edimar Aparecido Filomeno, Sylvia do Carmo Castro Franceschini, Silvia Eloiza Priore

Abstract: Micronutrient deficiencies are not always present in the individual independently, and may occur in association with other deficiency processes. The objective of this review was to verify the association between the nutritional status of iodine and that of iron, selenium and zinc in population studies. A bibliographic search was carried out in Medline, Web of Science and CINAHL databases, without date and language restrictions, using English search terms and their synonyms. The search terms were joined by the Boolean operator AND while the respective synonyms were connected by OR following the PRISMA guidelines. 39 articles were included. The studies were published between 1993 and 2021, mostly involving both sexes and the main age groups were children and adolescents. Among the micronutrients analyzed, selenium stood out, being evaluated in 53.8% (n=21) of the studies, followed by iron in 38.5%(n=15) and zinc in 28.5% (n=11). The most used methods for assessing nutritional status were: serum selenium, followed by urinary selenium; for iron, hemoglobin, ferritin and serum iron were used in 73.3%(n=11), 60.0%(n=9) and 46.7%(n=7) of the studies, respectively; for zinc, serum dosage was the most used, however, in one study, urinary zinc was evaluated. In general, the nutritional status of iodine was associated with that of selenium, iron and zinc, but the trend was not found in some studies. The coexistence of deficiency processes in an individual still needs to be further elucidated. Combined strategies that effectively combat, prevent and treat these micronutrient deficiencies must consider the possible interactions between them.

Keywords: Micronutrient deficiency, iodine, iron, selenium, zinc

Introduction

Micronutrient deficiencies, especially of minerals such as iodine, iron, and zinc, are recognized as worldwide public health problems and are termed "Generalized Global Micronutrient Deficiencies". At regional levels, selenium deficiency can be included among other deficiency processes².

Micronutrient deficiencies in an individual are not always present in isolation. In many cases, they occur in association with other deficiency processes. Therefore, understanding the metabolic pathways of mineral absorption (iodine, iron, selenium and zinc) can enable the establishment of possible associations between deficiency processes. Also, the pathway of iodine absorption and formation of thyroid hormones can provide insight into the relationship between the nutrients covered in this systematic review. Iodine is highlighted because approximately 2 billion people worldwide suffer from iodine deficiency. Among adults, it can cause infertility, thyroid cancer, hypothyroidism, cognition deficiency, goiter and reduced productivity, otherwise known as Iodine Deficiency Disorders (IDD)^{3,4}.

Thus, iodine deficiency in association with other deficiency processes can cause a further decline in an individual's health status. In relation to thyroid hormone formation, the contributions of minerals (iodine, iron, selenium and zinc) and associated enzymes are very crucial. For this to occur, iodine is absorbed on the apical surface of the thyrocyte in the form of iodide, a process dependent on iron, selenium and zinc for its proper functioning.

In this context, this systematic review aimed to verify the association between the nutritional status of iodine and that of iron, selenium and zinc in population studies.

Methodology

The systematic review was conducted according to PRISMA guidelines - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis⁵, and based on the following

research question: “Is the nutritional status of iodine associated with that of iron, selenium and zinc in population studies?”

Registration of review

The systematic review was registered in the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) (CRD42021295475).

Inclusion and exclusion criteria

The inclusion criteria were studies with humans and population studies which investigated the association between nutritional status of iodine and nutritional statuses of selenium, or iron or zinc with the aid of biochemical assessment. For longitudinal studies, baseline information was considered. There were no restrictions on publication date, place and language.

Review studies and book chapters were excluded, in addition to studies with pregnant women, and subjects with genetic diseases such as Down syndrome and sickle cell anemia; HIV and cancer (Supplementary 1).

Search and selection of articles

The search strategy (Appendix 1) followed the recommendations of the Peer Review of Electronic Search Strategies (PRESS)⁶ (Supplementary 1). Three databases were used: Medline (via Pubmed), Web of Science, and CINAHL. Index terms and synonyms were selected with the aid of DECs and MESH terms coupled with Boolean operators OR for synonyms and AND for supplemental terms. The terms used were: "Iodine deficiency", "Iodine" with "Famine, Iron", "Anemia, Iron-Deficiency", "Growth

Disorders", "Iodine", "Malnutrition" (The full search strategy can be seen in Supplementary 2). The search for publications occurred in march de 2022. The search string used in Medline (via Pubmed) was (Supplementary 2).

Selection of studies

The study selection was done independently by a pair of researchers (SOL and EMM) using the Rayyan Software. Titles and abstracts were read first, followed by full articles. A third researcher (JMB) was asked to do an evaluation in the event of an impasse.

Evaluation of the methodological quality of the selected articles

To assess the risk of bias, tools recommended by the Joanna Briggs Institute were utilized, considering the study design and the following protocols: "Checklist for Analytical Cross-sectional Studies", "Checklist for Case Control Studies", "Checklist for Cohort Studies" and "Checklist for Randomized Controlled Trials"⁷.

This instrument scores key aspects of each study: inclusion criteria, study description, exposure measurement, objectives, confounding factors, strategies used to tackle confounding factors, results measures and statistical adequacy, among others, based on study design⁷.

The risk of bias was classified according to the percentage of affirmative responses ("yes") being: $\geq 70\%$ considered low risk, between 50% and 69% moderate and $\leq 49\%$ high⁸ (Supplementary 3).

Data synthesis and analysis

Measures of correlation between the nutritional status of iodine (T3, T4, TSH, and UIC) and that of iron (serum iron, ferritin and hemoglobin), selenium and zinc were obtained from each study and then pooled. Data were loaded into an Excel spreadsheet and later exported to RStudio software, version 4.2.0, for meta-analysis. The metacor function of the meta package was used to summarize the correlation coefficients. To assess publication bias, the funnel symmetry test was applied, performed by the funnel function⁹. Heterogeneity among studies was assessed by Cochrane's Q (χ^2 p <0.10) and quantified according to the square of the inverse variance (I²). Values above 25%, 50%, and 75% were considered as low, moderate, and high heterogeneity, respectively. For all analyses, the random effect was considered, considering the moderate or high heterogeneity observed (I² > 50%). All results are summarized in the forest plot graph, using the forest function of the metafor package¹⁰.

Results

The systematic review included 39 articles, after the exclusion of duplicates and adhering to the established selection and eligibility criteria. Figure 1 shows the selection processes. Regarding the assessment of the risk of bias, according to the study design, all cross-sectional studies¹¹⁻³⁷, basic clinical trials⁴⁴⁻⁴⁶ and cohort⁴⁷⁻⁴⁹ were at risk of bias. However, studies with a control scheme³⁸⁻⁴³ were at risk of bias considering issues related to the control of confounding factors and strategies to deal with confounding factors, for other issues that were considered low risk of bias (Figure 2).

The studies were published between 1993¹¹ and 2021³⁵⁻³⁷, being 69.2% (n=27)¹¹⁻³⁷, 15.4% (n=6)³⁸⁻⁴³, 7.7% (n=3)⁴⁴⁻⁴⁶ and 7.7% (n=3)⁴⁷⁻⁴⁹ corresponding to cross-sectional

design, case control, clinical trial and cohort studies, respectively. In relation to sample composition, 12.9% (n=5)^{19,22,28,36,41} of the studies were conducted with women only, 2.6% (n=1)¹⁴ with men, and the remaining with both sexes. The countries with the highest number of works were Turkey^{14,16,17,31,37,39,40,43} and Iran^{18,19,21,24-27,29}, with each country representing 20.5% (n=8) of the studies. The age groups addressed in majority of the studies were children and adolescents 51.3% (n=20), followed by adults and the elderly 30.8% (n=12), with others 17.9 % (n=7) covering different ages (Table 1).

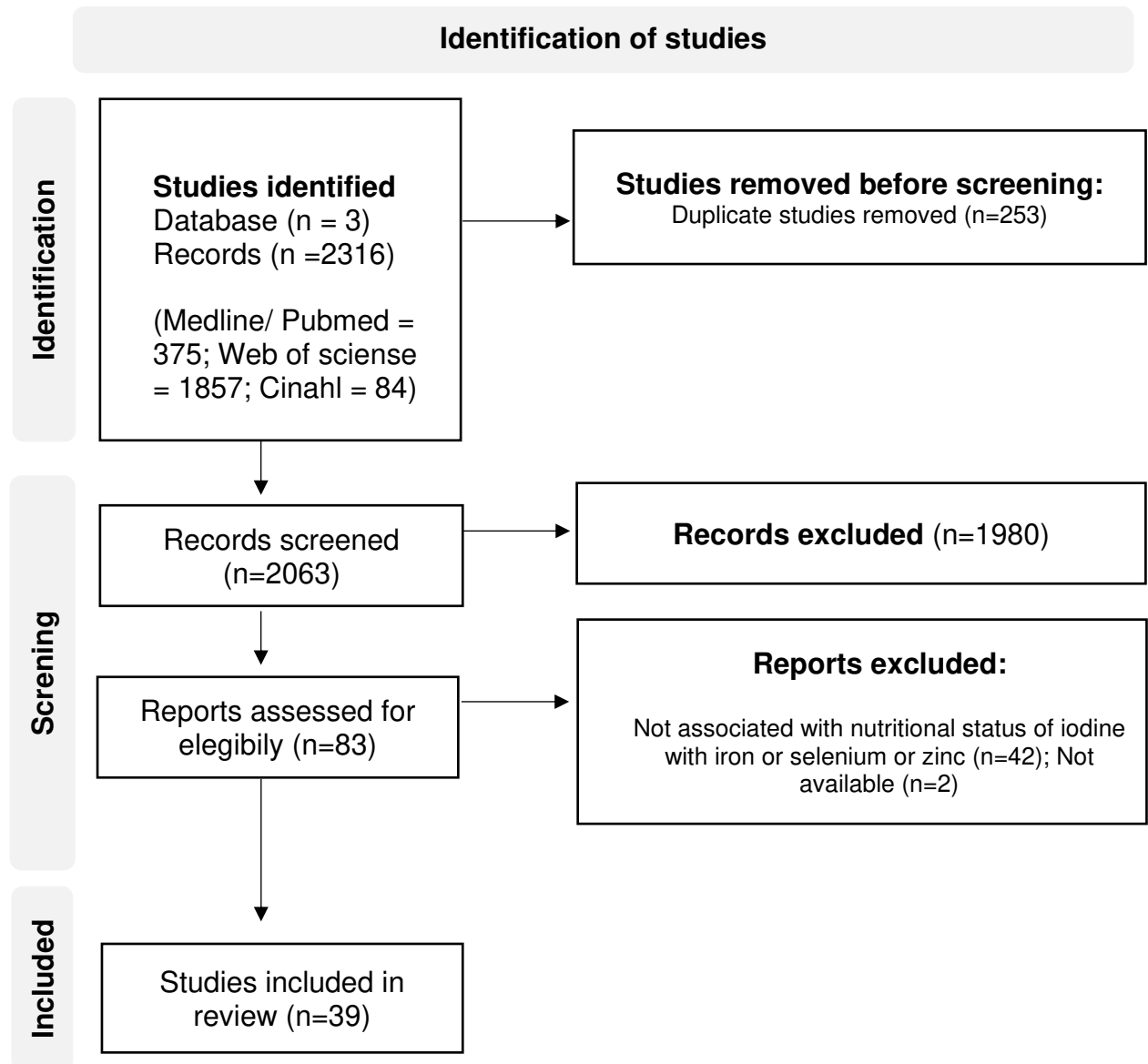


Figure 1. Scheme of the methodology adopted for the systematic review⁵.

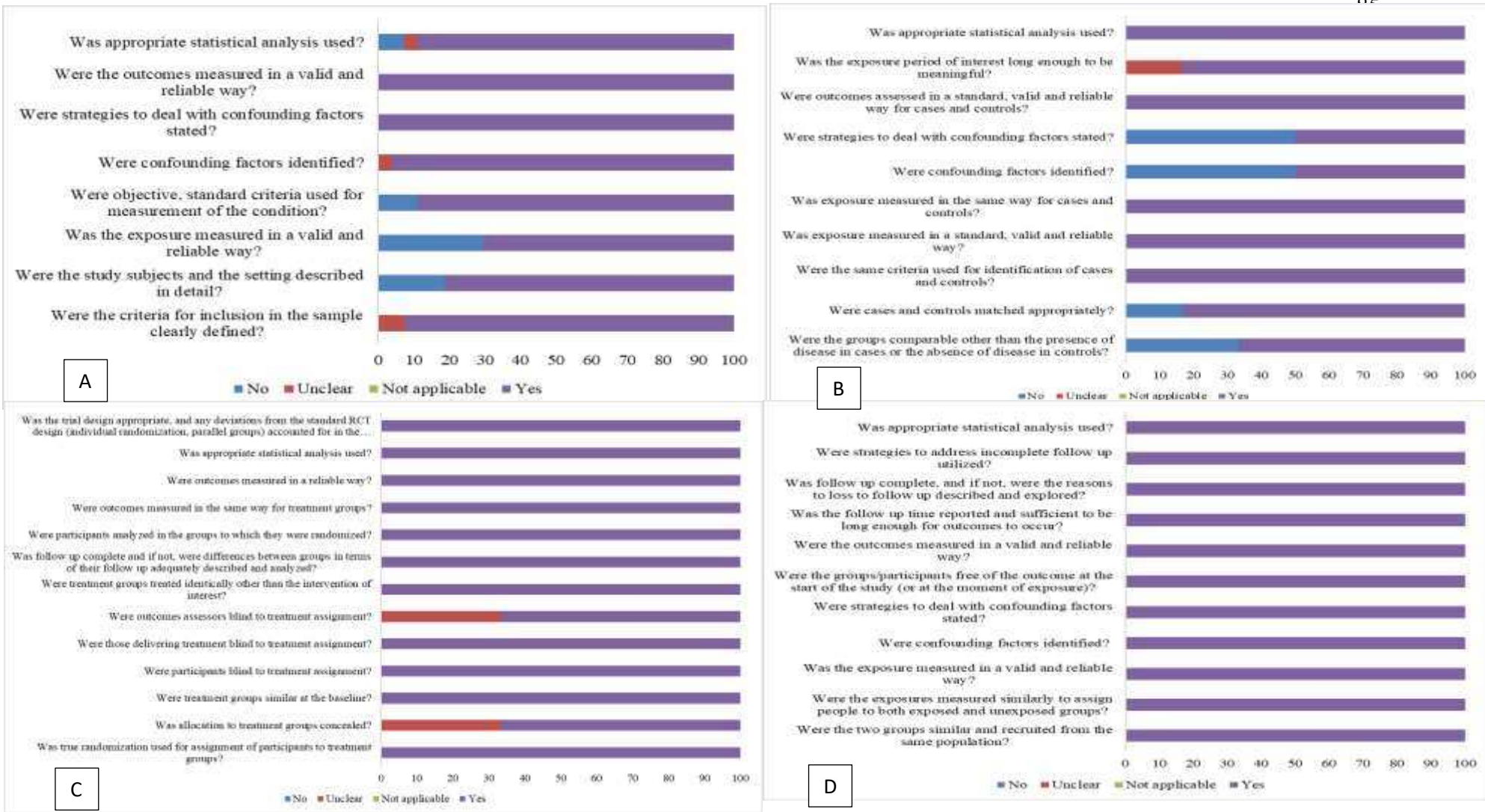


Figure 2. Risk of bias assessment according to the Joanna Briggs Institute's risk of bias assessment tool (2017) according to study design: A = for cross-sectional studies; B=Control case; C=Randomized clinical trial and D=Cohor

Table 2 presents the assessment methods of nutritional status and iodine association with iron, selenium and zinc in population studies. The mostly used indicators for the direct or indirect assessment of nutritional status of iodine were as follows: Thyroid Stimulating Hormone (TSH)^{11,12,14-16,18,19,21-24,26,27,30-36,38-41,44-46,48,49} and Thyroxine (T4) or free T4^{11,12,14-16,18,19,21,22-27,30-34,36,38-41,44-46,48,49} were utilized in 74.4% (n=29) of the studies, Urinary Iodine Concentration (CIU) accounts for 61.5% (n=24)^{11,13-16,18-20,23-28,30,32,33,35,39,40,43,46-48}, Triiodothyronine (T3) represents 59.0% (n=23)^{11,12,14,16,18,19,21,22,23,30-34,38-41,44-46,48,49}, Ultrasonography and thyroid palpation account for 28.2% (n=11)^{12,16,17,22,23,28,30,37,39,40, 47} and 20.5% (n=8)^{11,13,18,21,25,29,42,43}, respectively. TSH, T3 and T4 are direct indicators of thyroid function, but also serve as indirect indicators of iodine nutritional status⁵⁰.

Among the micronutrients analyzed, selenium was most prominent, being evaluated in 53.8% (n=21)^{12,14-17,22,23,27,30,35,37-40,42-47} of the studies, iron 38.5% (n=15)^{11,18-20,26,28,30-34,36,41,45,48}, and zinc 28.5% (n=11)^{13,14,20,21,24,25,29,37,38,41,43}. The nutritional status of selenium was mainly assessed through serum levels, however three articles evaluated urinary selenium^{12,35,43} and Glutathione Peroxidase, reflecting selenium intake over 2 to 3 months^{15,44,45}. To assess iron, 73.3% of the articles (n=11)^{11,19,20,28,31,32,34,36,41,48,49} employed hemoglobin, ferritin 60.0% (n=9)^{11,18-20,26,31,33,36,48} and serum iron 46.7% (n=7)^{11,31,32-34,36,41}. For zinc, serum level was mainly utilized, however a study employed urinary zinc⁴³ (Table 2).

TSH had both positive¹¹ and negative^{32,34,48} correlations with hemoglobin. Furthermore, TSH presented a negative correlation with ferritin^{19,34}, serum iron^{33,34,41,48},

urinary iron⁴¹, red blood cell count⁴⁸ and selenium⁴⁶. T4 had a negative correlation with hemoglobin¹¹ and serum selenium^{12,44}; it also had a positive correlation with hemoglobin^{34,49}, ferritin¹⁹, serum iron³⁴ and transferrin saturation³⁴, and selenium⁴⁶ (Table 2).

Figure 3 shows the markers related to nutritional status of iodine and micronutrients. For 30.8% (n=12)^{13,16,20-23,25,28-31,40} of the studies, no statistical relationship was found between the nutritional status of iodine and that of selenium, iron or zinc.

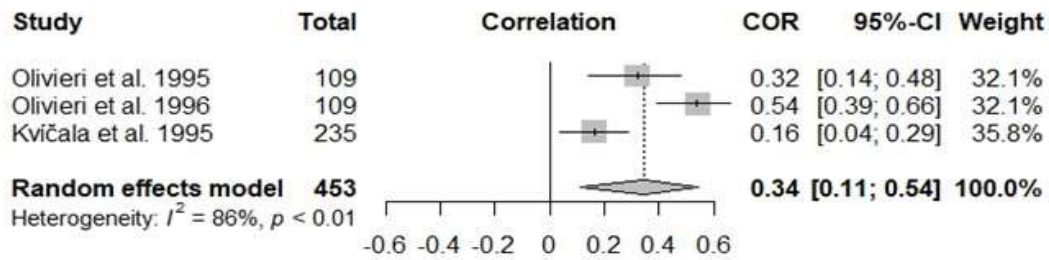
TSH	T4	T3	UIC	Ultrasound or thyroid palpation
<ul style="list-style-type: none"> • Hemoglobin • Serum iron • Urinary iron • Ferritin • Transferrin saturation • Width of red cells • Anemia • Serum selenium 	<ul style="list-style-type: none"> • Hemoglobin • Serum iron • Ferritin • Anemia • Transferrin saturation • Mean corpuscular volume • Serum selenium 	<ul style="list-style-type: none"> • Hemoglobin • Serum iron • Red blood cells • Anemia • Serum selenium • Serum zinc 	<ul style="list-style-type: none"> • Serum iron • Ferritin • Transferrin • Serum selenium • Serum zinc 	<ul style="list-style-type: none"> • Ferritin • Serum selenium • Urinary selenium • Serum zinc

TSH = Thyroid Stimulating Hormone; T4= Thyroxine; T3= Triiodothyronine; UIC=Urinary Iodine Concentration

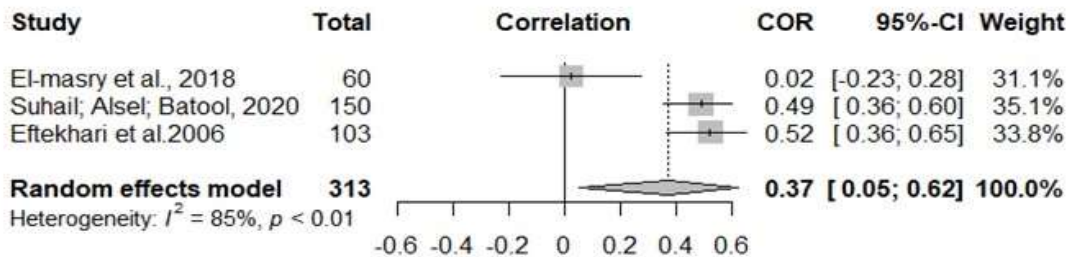
Figure 3. Relationship between methods for assessing nutritional status of iodine with selenium, iron and zinc.

Related to the meta-analysis, there was a positive correlation between some markers of iodine nutrition and the evaluated micronutrients. For T3 and T4 there was a positive correlation [0.34 (0.11 to 0.54)], as well as the relationship between T4 and Ferritin [0.37 (0.05 to 0.62)]. Also, there was a negative correlation between TSH and Ferritin [-0.53 (-0.80 to - 0.09)], Serum Iron [-0.53 (-0.69 to - 0.32)] and Hemoglobin [-0.33 (-0.42 to - 0.24)] (Figure 4). For the other markers of the nutritional status of iodine and other micronutrients, the correlation was not significant (Supplementary figure 1).

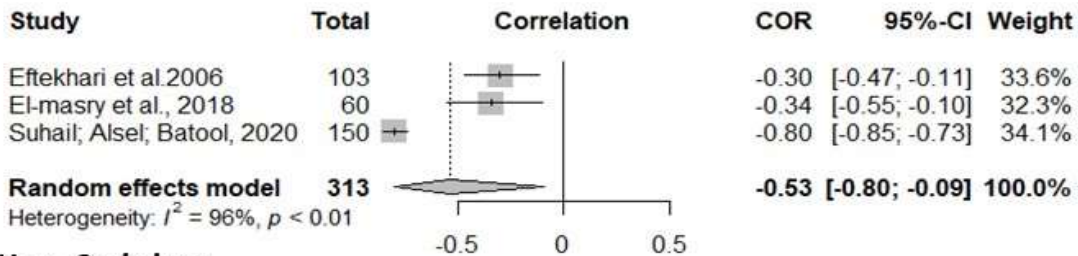
T3/T4 vs. Selenium



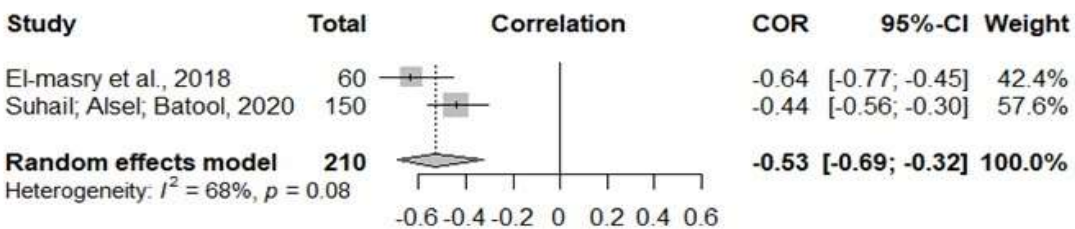
T4 vs. Ferritin



TSH vs. Ferritin



TSH vs. Seric iron



TSH vs. Hemoglobin

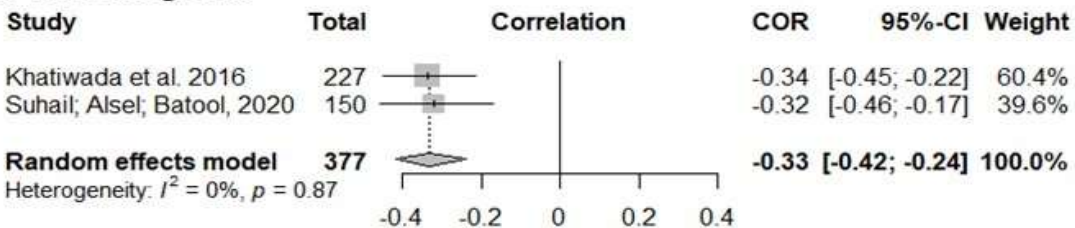


Figure 4. Meta-analysis of the correlation coefficients between the nutritional status of iodine (T3, T4, TSH, and UIC) and that of iron (serum iron, ferritin and hemoglobin), selenium and zinc.

Discussion

In this review, the need for further studies on the subject is evident, as there is an association between the nutritional status of iodine and other micronutrients, especially iron. Micronutrient deficiencies are health problems that must be addressed, especially because they can impact cognitive and motor development; and in women of reproductive age, they can cause miscarriages, fetal malformation, among others. The causal factors of micronutrient deficiencies are low intake and/or absorption, the presence of diseases and physiological states such as pregnancy, breastfeeding and different micronutrient requirements by age group⁴.

Inadequate iodine intake can impair thyroid function and result in Iodine Deficiency Disorders (IDD), characterized by goiter and difficulties in cognitive development, among others. This micronutrient has a function in the formation of T3 and T4 thyroid hormones, and deficiency processes can lead to decreased TSH levels and increased production of T3 compared to T4.

Some indicators used in the direct and indirect assessments of iodine nutritional status are CIU and assessment of thyroid function (TSH, TG, T3, T4, free T4), respectively. TSH is more sensitive for diagnosing iodine deficiency in newborns, although studies report difficulties in result interpretation⁵⁰. In addition to these methods, T3/T4 ratio can be mentioned, which also allows the inference of iodine nutritional status based on the proper functioning of the thyroid gland.

The interaction between micronutrient deficiencies is not well elucidated. An example is the heterogeneity of the studies included in this review and difficulty in finding an association in humans. The interaction between micronutrient deficiencies is not well

understood. This is a reflection of heterogeneity of studies and the challenge of finding associations in humans. The establishment of associations is easier when it comes to animal models⁴. It is known that deficiency processes can interact with each other because metabolic pathways are interrelated and adequate levels of micronutrients (iodine, iron, selenium and zinc) are crucial^{51,52} for the proper functioning of the thyroid gland.

Animal models have shown the effect of selenium on iodine nutritional status and thyroid metabolism, but this relationship is not always confirmed when extrapolated to human studies. It is also suggested that combined iodine and iron interventions contribute to improved thyroid volume and function. In regards to zinc, there is limited evidence of its relationship with iodine nutritional status, although zinc is essential for the proper functioning of the gland⁵³.

In an attempt to understand the relationship of iodine with selenium, iron and zinc, one must consider hormone production and the function of micronutrients in the hormone production pathways. Hormones are classified into three types: steroid hormones, tyrosine derivatives, and peptide hormones. Iodine is a structural component of thyroid hormones.

The action of selenium, iron and zinc in association with iodine occurs through enzymes necessary for the formation process of thyroid hormones. Thyroxine (T4) is an inactive hormone produced exclusively by the thyroid, whereas triiodothyronine (T3) is the active form. T4 activation is mediated by selenoenzymes and is dependent on zinc as well as type 1 and type 2 deiodinase. So does the control of produced hydrogen peroxide in order to promote iodide oxidation and binding of thyroglobulin to thyroperoxidase, an iron-

dependent enzyme. The binding of thyroglobulin to iodine results in monoiodotyrosine (MIT) and diiodotyrosine (DIT) complexes. Depending on the interaction between these complexes, different hormones are formed. MIT and DIT bind together to form T3, and two DIT molecules form T4^{51,52}. In the study of Hertz *et al.*⁵⁴, the combined deficiency of iodine and selenium did not increase serum TSH concentrations regarding hypothyroidism. This finding was confirmed by other studies^{55,56} where selenium deficiency decreased or had no effect on the symptoms of hypothyroidism. On the contrary, Arthur *et al.*⁵⁷ and Beckett *et al.*⁵⁸ found higher concentrations of TSH when selenium deficiency was present compared to iodine deficiency alone. These divergent results make further studies in humans necessary to understand the coexistence of these processes. In addition to selenium and iron, zinc is a micronutrient studied as regards its interaction with iodine. Studies conducted with rats and humans have shown that the lack of zinc reduces iodothyronine levels, corroborating the findings of Ozata *et al.*¹⁴, which showed significantly lower levels of zinc in people with endemic goiter, thus supporting a possible relationship⁵⁹

Many metabolic processes involved in human growth and development are under the direct or indirect control of thyroid hormones. The complete functioning of thyroid hormones not only requires adequate levels of iodine but also other nutrients contribute to its formation. This review sought to encompass all biomarkers of iodine nutritional status and other nutrients (iron, selenium and zinc) evaluated. The age group and design of the studies to be included were not restricted; in addition, the review exposes the importance of not only evaluating the nutritional status of a micronutrient but also considering other

micronutrients that may be related to the deficiency process. This joint approach can contribute to effective programs for the eradication of nutritional deficiencies.

A limitation of the study was not restricting the date of included studies, which resulted in the use of studies conducted more than 25 years ago. On the other hand, these studies demonstrate that this discussion dates back, however after all these years there is still the need for more studies to understand the topic.

Final considerations

The combination of strategies to help combat micronutrient deficiencies (iodine, iron, selenium and zinc) must consider the possible interactions between them. There is a need to clarify the effects of iodine deficiency combined with other micronutrient deficiencies, the influence of food intake on the metabolism of thyroid hormones and the best form of mineral supplementation to combat the established deficiency.

Acknowledgements: To the Graduate Program in Agroecology and the Graduate Program in Nutrition Science. Support Sources: We would like to thank the CAPES Foundation (Ministry of Education, Brazil, Financial Code 001) the, Minas Gerais State Research Foundation (FAPEMIG, State of Minas Gerais, Brazil), and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, Ministry of Science and Technology, Brazil(439075/2018-1))

References

1. Bailey, R. L.; West Junior, K. P.; Black, R. E. The Epidemiology of Global Micronutrient Deficiencies. *Annals Of Nutrition And Metabolism*, v. 66, n. 2, p. 22-33, 2015. 2 April, 2022. < 10.1159/000371618. Epub 2015 Jun 2>.

2. Soares, M. de S. Avaliação nutricional relativa ao selênio de indivíduos adultos da cidade de Manaus-Amazonas. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Web. 2 April, 2022. < 10.11606/D.89.2018.tde-04072018-163514>.
3. Francis, A.K.; Tayie, K. J. Hypertension, Dietary Salt Restriction, and Iodine Deficiency Among Adults, *American Journal of Hypertension*, v.23, p. 1095–1102, 2010. 2 April, 2022. <<https://doi.org/10.1038/ajh.2010.120>>.
4. Biban, B.G. and Lichiardopol, C. Iodine Deficiency, Still a Global Problem? *Current Health Sciences Journal*. v.43, n.2, p.103-111, 2017. 2 April, 2022. < 10.12865/CHSJ.43.02.01>
5. Page, M. J. *et al.* PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *Bmj*, v. 372, 2021. 2 March, 2022. < <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>>
6. McGowan, J. et al. PRESS peer review of electronic search strategies: 2015 guideline statement. *Journal of clinical epidemiology*, v. 75, p. 40-46, 2016. 18 November, 2021. < 10.1016/j.jclinepi.2016.01.021>
7. Joanna Briggs Institute. Critical Appraisal tools for use in JBI Systematic Reviews, 2020. 2 April, 2022. < <https://jbi.global/critical-appraisal-tools>>.
8. Costa, A.B., Zoltowski, A.P.C., Koller, S.H., Teixeira, M.A.P. Construção de uma escala para avaliar a qualidade metodológica de revisões sistemáticas. *Ciência e Saúde Coletiva*. v. 20, p.2441–2452, 2015. 2 March, 2022.< <https://doi.org/10.1590/1413-81232015208.10762014>>
9. Balduzzi, S; Rücker, G; Schwarzer, G. How to perform a meta-analysis with R: a practical tutorial. **Evidence-based mental health**, v. 22, n. 4, p. 153-160, 2019. 21 september, 2022 < 10.1136/ebmental-2019-300117>
10. Viechtbauer, W. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. **Journal of statistical software**, v. 36, n. 3, p. 1-48, 2010. 21 september, 2022 < <https://doi.org/10.18637/jss.v036.i03>>
11. Wolde-Gebriel, Z.; West, C. E.; Gebru, H.; Tadesse, A.S.; Fisseha, T.; Gabre, P.; Aboye, C.; Ayana, G.; Hautvast, J.G.A. J. Interrelationship between vitamin A, iodine and iron status in schoolchildren in Shoa Region, central Ethiopia. *British Journal of Nutrition*, v. 70, n. 2, p. 593-607, 1993. 2 March, 2022.< 10.1079/BJN19930151>
12. Kvícala, J.; Zamrazil, V.; Soutorová, M.; Tomíska, F. Correlations between parameters of body selenium status and peripheral thyroid parameters in the low

selenium region. *Analyst*, v. 120, n. 3, p. 959-965, 1995. 3 April, 2022. <10.1039/an9952000959>

13. Hampel, R.; Kühlberg, T.; Schneider, K.P.; Glass, A.; Zöllner, H. Serum zinc levels and goitre epidemiology in Germany. *Z Ernährungswiss*, v. 36, p. 12–15, 1997. 3 April, 2022. <10.1007/BF01618894>

14. Ozata, M.; Salk, M.; Aydin, A.; Sayin, S.; Oktenli, C.; Beyham, Z.; Isimer, A.; Ozdemir, I. C. Iodine and zinc, but not selenium and copper, deficiency exists in a male Turkish population with endemic goiter. *Biological Trace Element Research*. v. 69, p. 211–216, 1999. 3 April, 2022. < <https://doi.org/10.1007/BF02783873>>

15. Zagrodzki, P.; Szmigiel, H.; Ratajczak, R., Szybinski, Z.; Zachwieja, Z. The role of selenium in iodine metabolism in children with goiter. *Environmental Health Perspectives*, v. 108, n. 1, p. 67-71, 2000. 3 April, 2022. < 10.1289/ehp.0010867>

16. Erdoğan, M. F.; Erdoğan, G.; Sav, H.; Güllü, S.; Kamel, N. Endemic goiter, thiocyanate overload, and selenium status in school-age children. *Biological trace element research*, v. 79, n. 2, p. 121-130, 2001. 3 April, 2022. < doi.org/10.1385/BTER:79:2:121>

17. Aydin, K.; Kendirci, M.; Kurtoğlu, S.; Karaküçük, E.I.; Kiriş, A. Iodine and selenium deficiency in school-children in an endemic goiter area in Turkey. *Journal of pediatric endocrinology & metabolism: JPEM*, v. 15, n. 7, p. 31-1027. 2002. 3 April, 2022. <doi.org/10.1515/JPEM.2002.15.7.1027>

18. Azizi, F.; Mirmiran, P.; Sheikholeslam, R.; Hedayati, M.; Rastmanesh, R. The relation between serum ferritin and goiter, urinary iodine and thyroid hormone concentration. *International journal for vitamin and nutrition research*, v. 72, n. 5, p. 296-299, 2002. 3 April, 2022. <10.1024/0300-9831.72.5.296>

19. Eftekhari, M. H. *et al.* The relationship between iron status and thyroid hormone concentration in iron-deficient adolescent Iranian girls. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, v. 15, n. 1, p. 50, 2006.

20. Thurlow, R.A.; Winichagoon, P.; Pongcharoen, T.; Gowachirapant, S.; Boonpradern, A.; Manger, M.S.; Bailey, K.B.; Wasantwisut, E.; Gibson, R.S. Risk of zinc, iodine and other micronutrient deficiencies among school children in North East Thailand. *European journal of clinical nutrition*, v. 60, n. 5, p. 623-632, 2006. 3 April, 2022. < 10.1038/sj.ejcn.1602361>

21. Dabbaghmanesh, M.H.; Sadegholvaad, A.; Zarei, F.; Omrani, G. Zinc Status and Relation to Thyroid Hormone Profile in Iranian Schoolchildren. *Journal of Tropical Pediatrics*, v. 54, n. 1, p. 58-61. 2008. 3 April, 2022. <10.1093/tropej/fmm064>

22. Zagrodzki, P.; Ratajczak, R. Selenium status, sex hormones, and thyroid function in young women. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 22, n. 4, p. 296-304, 2008. 3 April, 2022. <10.1016/j.jtemb.2008.07.001>
23. Doupis, J.; Stavrianos, C.; Saltiki, K.; Mantzou, E.; Mastrokostopoulos, A.; Philippou, G.; Alevizaki, M. Thyroid volume, selenium levels and nutritional habits in a rural region in Albania. *Hormones*, v. 8, n. 4, p. 296-302, 2009. 3 April, 2022. <10.14310/horm.2002.1246>
24. Keshteli, A. H.; Hashemipour, M.; Siavash, M.; Kelishadi, R.; Amini, M. High prevalence of goiter in schoolchildren in Isfahan; zinc deficiency does not play a role. *Endokrynologia Polska*, v. 61, n. 3, p. 287-290, 2010.
25. Moaddab, M. H. *et al.* Zinc status in goitrous school children of Semirom, Iran. *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*, v. 14, n. 3, p. 165, 2009. 3 April, 2022. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20602304/>>
26. Hashemipour, M.; Soheilipour, F.; Keshteli, A. H.; Siavash, M.; Amini, M.; Kelishadi, R. Association between serum ferritin and goitre in Iranian school children. *Journal of health, population, and nutrition*, v. 28, n. 2, p. 137, 2010. 3 April, 2022. <10.3329/jhpn.v28i2.4883>
27. Keshteli, A. H.; Hashemipour, M.; Siavash, M.; Amini, M. Selenium deficiency as a possible contributor of goiter in schoolchildren of Isfahan, Iran. *Biological trace element research*, v. 129, n. 1, p. 70-77, 2009. 3 April, 2022. <10.1007/s12011-008-8296-3>
28. Henjum, S.; Barikm, I.; Strand, T. A.; Oshaug, A.; Torheim, L.E. Iodine-induced goitre and high prevalence of anaemia among Saharawi refugee women. *Public health nutrition*, v. 15, n. 8, p. 1512-1518, 2012. 3 April, 2022. <10.1017/S1368980011002886>
29. Sanjari, M.; Gholamhoseinian, A.; Nakhaee, A. Serum zinc levels and goiter in Iranian school children. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 26, n.1, p. 42-45. 2012. 3 April, 2022. <10.1016/j.jtemb.2011.11.005>
30. Liu, Y.; Huang, H.; Zeng, J.; Sun, C. Thyroid volume, goiter prevalence, and selenium levels in an iodine-sufficient area: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2013. 3 April, 2022. <10.1186/1471-2458-13-1153>
31. Yavuz, Ö.; Yavuz, T.; Kahraman, C.; Yeşildal, N.; Bundak, R. The relationship between iron status and thyroid hormones in adolescents living in an iodine deficient area. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, v. 17, n. 10, p. 1443-1450, 2004. 3 April, 2022. <10.1515/jpem.2004.17.10.1443.>

32. Khatiwada, S.; Gelal, B.; Baral, N.; Lamsal, M. Association between iron status and thyroid function in Nepalese children. *Thyroid research*, v. 9, n. 1, p. 1-7, 2016. 4 April, 2022. <10.1186/s13044-016-0031-0>
33. Luo, J.; Hendryx, M.; Dinh, P.; He, K. Association of iodine and iron with thyroid function. *Biological trace element research*, v. 179, n. 1, p. 38-44, 2017. 3 April, 2022 < 10.1007/s12011-017-0954-x>
34. Suhail, N.; Alsel, B. T.A.; Batool, S. Prevalence and association of thyroid dysfunction with anemia/body iron status among northern Border Saudi population. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*, v. 9, n. 3, p. 1-7, 2020. 3 April, 2022 < <https://www.ijmrhs.com/medical-research/prevalence-and-association-of-thyroid-dysfunction-with-anemiabody-iron-status-among-northern-border-saudi-population.pdf>>
35. Campos, R. O. *et al.* Low urinary selenium levels are associated with iodine deficiency in Brazilian schoolchildren and adolescents. *Endocrine*, p. 1-8, 2021. 3 April, 2022 < 10.1007/s12020-021-02681-6>
36. Islam, R. *et al.* The Serological Basis of the Correlation between Iron Deficiency Anemia and Thyroid Disorders in Women: A Community Based Study. *Journal of Pharmaceutical Research International*, p. 69-81, 2021. 3 April, 2022 < 10.9734/jpri/2021/v33i19A31330>
37. Turan, E., Turksoy, V. A. Selenium, zinc, and copper status in euthyroid nodular goiter: A cross-sectional study. *International Journal of Preventive Medicine*, v. 12, n. 46, 2021. 3 April, 2022 < 10.4103/ijpvm.IJPVM_337_19>
38. Ravaglia, G.; Forti, P.; Maioli, F.; Nesi, B.; Pratelli, L.; Savarino, L.; Cucinotta, D.; Cavalli, G. Blood micronutrient and thyroid hormone concentrations in the oldest-old. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, v. 85, n. 6, p. 2260-2265, 2000. 6 April, 2022 <10.1210/jcem.85.6.6627>
39. Cinaz, P.; Karakas, D.S.; Camurdan, M. O.; Bideci, A.; Ayvali, E.D.; Yücel, C. Goiter prevalence, serum selenium, and urine iodine status in a previously iodine-deficient area in Turkey. *Biological trace element research*, v. 100, n. 3, p. 185-193, 2004. 3 April, 2022. <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1385/BTER:100:3:185.pdf>>
40. Hekimsoy, Z. *et al.* Plasma selenium and urinary iodine in patients with goiter. *Trace Elements and Electrolytes*, v. 21, n. 3, p. 145-149, 2004. 4 April, 2022. <10.5414/TEP21145>
41. Kandhro, G. A.; Kazi, T. G.; Afridi, H. I.; Kazi, N., Arain, M.B.; Sarfraz, R.A.; S.; Syed, N.; Baig, J. A.; Shah, A. Q. Evaluation of iron in serum and urine and their relation with thyroid function in female goitrous patients. *Biological trace element research*, v. 125, n. 3, p. 203-212, 2008. 3 April, 2022. < 10.1007/s12011-008-8174-z>

42. Kishosha, P. A.; Galukande, M.; Gakwaya, A. M. Selenium deficiency a factor in endemic goiter persistence in sub-Saharan Africa. *World journal of surgery*, v. 35, n. 7, p. 1540-1545, 2011. 3 April, 2022. < 10.1007/s00268-011-1096-5.>
43. Çelik, T.; Savaş, N.; Kurtoğlu, S.; Sangün, Ö.; Aydın, Z.; Mustafa, D.; Öztürk, O. H.; Mısırlıoğlu, S.; Öktem, M. Iodine, copper, zinc, selenium and molybdenum levels in children aged between 6 and 12 years in the rural area with iodine deficiency and in the city center without iodine deficiency in Hatay. *Turk pediatri arsivi*, v. 49, n. 2, p. 6-111. 2014. 3 April, 2022. <10.5152/tpa.2014.1209>
44. Olivieri, O.; Girelli, D.; Azzini, M.; Stanzial, A.M.; Russo, C.; Ferroni, M.; Corrocher, R. Low selenium status in the elderly influences thyroid hormones. *Clinical Science*, v. 89, n. 6, p. 637-642, 1995. 3 April, 2022. < 10.1042/cs0890637>
45. Olivieri, O.; Girelli, D.; Stanzial, A.M.; Rossi, L.; Bassi, A.; Corrocher, R. Selenium, zinc, and thyroid hormones in healthy subjects. *Biological trace element research*, v. 51, n. 1, p. 31-41, 1996. 4 April, 2022. < <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02790145>>
46. Gashu, D.; Marquis, G.S.; Bougma, K.; Stoecker, B. J. Selenium inadequacy hampers thyroid response of young children after iodine repletion. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 50, p. 291-295, 2018. 4 April, 2022.< 10.1016/j.jtemb.2018.07.021>
47. Rasmussen, L. B.; Schomburg, L.; Köhrle, J.; Pedersen, I. B.; Hollenbach, B.; Hög, A.; Ovesen, L.; Perrild, H.; Laurberg, P. Selenium status, thyroid volume, and multiple nodule formation in an area with mild iodine deficiency. *European journal of endocrinology*, v. 164, n.4, p. 90-585. 2011. 3 April, 2022. <10.1530/EJE-10-1026>
48. El-Masry, H.; Hamed, A.M.M.; Hassan, M. H.; Abdelzaher, M.H. Thyroid Function among Children with Iron Deficiency Anaemia: Pre and Post Iron Replacement Therapy. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, v. 12, n. 1, 2018. 3 April, 2022. <10.7860/JCDR/2018/32762.11023>
49. Gu, Y. *et al.* Low-Normal thyroid function predicts incident Anemia in the general population with Euthyroid status. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, v. 104, n. 11, p. 5693-5702, 2019. 3 April, 2022. < 10.1210/jc.2019-00888>
50. Candido, A. C.; Azevedo, F.M.; Macedo, M.S.; Priore, S.E.; Franceschini, S.C.C. Análise crítica dos indicadores do estado nutricional de iodo em indivíduos e populações: uma revisão sistemática. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 26, p. 4859-4870, 2021. 4 April, 2022. < 10.1590/1413-812320212611.3.16772019>
51. Köhrle, J.; Gärtner, R. Selenium and thyroid. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, v. 23, p. 815–827, 2009. 5 April, 2022. < 10.1016/j.beem.2009.08.002>

52. Lima, L. F.; Navarro, A. M. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes – Iodo. ILSI – Brasil, International Life Sciences Institute Do Brasil. Divisão de Nutrição e Metabolismo, Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, 2018.
53. Hess, S. Y. The impact of common micronutrient deficiencies on iodine and thyroid metabolism: the evidence from human studies. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, v. 24, n. 1, p. 117-132, 2010. 4 April, 2022. <10.1016/j.beem.2009.08.012>
54. Hotz CS, Fitzpatrick DW, Trick KD & L'Abbe MR (1997) Dietary iodine and selenium interact to affect thyroidhormone metabolism of rats. *Journal of Nutrition*. v.127, p.1214-1218. 3 April, 2022. <10.1093/jn/127.6.1214>
55. Beckett, G. J.; Nicol, F.; Proudfoot, D.; Dyson, K.; Loucaides, G.; Arthur, J.R. The changes in hepatic enzyme expression caused by selenium deficiency and hypothyroidism in rats are produced by independent mechanisms. *Biochemical Journal*, v. 266, n. 3, p. 743-747, 1990. 4 April, 2022. <10.1042/bj2660743>
56. Meinhold, H.; Campos-Barros, A.; Walzog, B.; Köhler, R.; Köhler, R.; Müller, F.; Behne, D. Effects of selenium and iodine deficiency on type I, type II and type III iodothyronine deiodinases and circulating thyroid hormones in the rat. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, v. 101, n. 02, p. 87-93, 1993. 3 April, 2022. <10.1055/s-0029-1211212>
57. Arthur, J. R.; Nicol, F.; Beckett, G. J. The role of selenium in thyroid hormone metabolism and effects of selenium deficiency on thyroid hormone and iodine metabolism. *Biological trace element research*, v. 33, n. 1, p. 37-42, 1992. 20 April, 2022. <10.1007/BF02783686>
58. Beckett, G. J.; et al. Effects of combined iodine and selenium deficiency on thyroid hormone metabolism in rats. *The American journal of clinical nutrition*, v. 57, n. 2, p. 240S-243S, 1993. 20 April, 2022. < 10.1093/ajcn/57.2.240S>
59. Ruz, M.; Codoceo, J.; Galgani, J.; Muñoz, L.; Gras, N.; Muzzo, S.; Leiva, L.; Bosco, C. Single and multiple selenium-zinc-iodine deficiencies affect rat thyroid metabolism and ultrastructure. *The Journal of nutrition*, v. 129, n. 1, p. 174-180, 1999. 20 April, 2022. <10.1093/jn/129.1.174>

Table 1. Description of the included studies organized according to study type and year of publication.

AUTHOR/YEAR	PLACE	DESIGN	SAMPLE (N; SEX; AGE/AGE GROUP)	MAIN OBJECTIVE
Wolde-Gebriel <i>et al.</i> , 1993 ¹¹	Shoa/ Ethiopia	Cross-sectional	14.740; Both sexes; 6-18 years	Examine the interrelations between three nutritional conditions (vitamin A, iodine and iron deficiencies)
Kvíčala <i>et al.</i> , 1995 ¹²	Prague / Czech Republic	Cross-sectional	380; Both sexes; 6-65 years	Evaluate the influence of selenium on the thyroid, hormonal parameters and peripheral effects in selenium-deficient regions
Hampel <i>et al.</i> , 1997 ¹³	Germany	Cross-sectional	5.932; Both sexes (3.692 Women: 41 ± 17 years; 2.240 Men: 39 ± 18 years)	Record goiter prevalence and iodine supply in Germany
Ozata <i>et al.</i> , 1999 ¹⁴	Turkey	Cross-sectional	280; Men; With goiter: n=140 de 22,2 ± 0,19 aged; Without goiter: n=140 de 21,8 ± 0,28 aged	Determine the levels of iodine, zinc, selenium and copper in patients with endemic goiter in order to investigate their role in the etiopathogenesis of endemic goiter in Turkey
Zagrodzki <i>et al.</i> , 2000 ¹⁵	Poland	Cross-sectional	136; Both sexes; 7-16 years	Investigate the role of selenium in iodine metabolism among children with goiter
Erdoğan <i>et al.</i> , 2001 ¹⁶	Ancara, Kastamonu, Bayburt e Trabzon/ Turkey	Cross-sectional	251 schoolchildren; Both sexes; 9-11 years	Evaluate selenium level, thiocyanate (SCN-) overload and the possible contribution of this overload to endemic goiter and thyroid hormone profile.
Aydin <i>et al.</i> , 2002 ¹⁷	Kayseri/ Turkey	Cross-sectional	73 schoolchildren; Both sexes; 7-12 years	Establish the effects of iodine and selenium levels on the size and functions of the thyroid gland in healthy schoolchildren
Azizi <i>et al.</i> , 2002 ¹⁸	Iran	Cross-sectional	36.178 schoolchildren; Both sexes; 8 - 10 years	Determine the relationship between serum ferritin and goiter, urinary iodine and thyroid hormones after iodine supplementation through iodized salt
Eftekhari <i>et al.</i> , 2006 ¹⁹	Home/ Iran	Cross-sectional	103 adolescents; Women; 14 - 18 years	Determine thyroid hormone status in adolescent girls with iron deficiency
Thurlow <i>et al.</i> , 2006 ²⁰	Ubon Ratchathani/ Thailand	Cross-sectional	567 children; Both sexes; 6 - 13 years	Evaluate the prevalence of zinc and iodine deficiencies and their interrelations with vitamin A deficiency and anemia as well as associations with socioeconomic

				status, hemoglobin type and anthropometry through a cross-sectional study
Dabbaghmanesh <i>et al.</i> , 2008 ²¹	Marvdasht/ Iran	Cross-sectional	1.188; Both sexes; 8 - 13 years	Determine the prevalence of zinc deficiency and current zinc status in schoolchildren with goiter
Zagrodzki; Ratajczak, 2008 ²²	Poland	Cross-sectional	58; Women; 23.57 ± 0.6 anos years	Identify parameters that characterize selenium status and secretion of sex hormones responsible for changes in indicators of thyroid function. In addition, reveal the correlation structure of parameters that express selenium status, sex hormone secretion, and thyroid function
Doupis <i>et al.</i> , 2009 ²³	Gyrocaster/ Albania	Cross-sectional	112; Both sexes; 52,8 ± 12,1 years	Study the thyroid status of people living in the Gyrocaster region of Southwestern Albania
Keshteli <i>et al.</i> , 2009 ²⁴	Isfahan/ Iran	Cross-sectional	2.330 schoolchildren; Both sexes; 6 - 13 years	Estimate the prevalence of goiter and iodine status, and investigate the role of selenium status as a possible contributor to endemic goiter among schoolchildren in Isfahan, 15 years after the start of a salt iodization program
Moaddab <i>et al.</i> , 2009 ²⁵	Semirom/ Iran	Cross-sectional	1.828; Both sexes; Schoolchildren	Associate goiter with serum zinc in a mountainous region of Iran
Hashemipour <i>et al.</i> , 2010 ²⁶	Isfahan/ Iran	Cross-sectional	2330 schoolchildren; Both sexes; 6 - 13 years	Estimate the prevalence of goiter and iodine status and investigate the role of iron deficiency as a possible contributor to endemic goiter in schoolchildren of Isfahan, 15 years after the start of a salt iodization program
Keshteli <i>et al.</i> , 2010 ²⁷	Isfahan/ Iran	Cross-sectional	2.331 schoolchildren; Both sexes; 6 - 13 years	Determine the association between zinc status and goiter in schoolchildren of Isfahan.
Henjum <i>et al.</i> , 2012 ²⁸	Algeria	Cross-sectional	394; Women; 15 - 45 years	Assess iodine status (thyroid volume and urinary iodine concentration) and its determinants in Saharawi refugee women
Sanjari; Gholamhoseiniana; Nakhaee, 2012 ²⁹	Kerman/ Iran	Cross-sectional	5.380 schoolchildren; Both sexes; 8 - 12 years	Determine the difference in serum zinc levels between children with and without goiter aimed at finding evidence on the probable role of zinc deficiency in endemic goiter
Liu <i>et al.</i> , 2013 ³⁰	Chengdu/ China	Cross-sectional	1.205; Both sexes; 18 years or older*	Investigate the relationship between selenium level, thyroid volume and goiter in an area with sufficient iodine

Yavuz <i>et al.</i> , 2014 ³¹	Turkey	Cross-sectional	330; Both sexes; ± 14 years	Evaluate the effect of iron level on thyroid hormone profile in adolescents living in a mild iodine deficient area in Turkey
Khawwaja <i>et al.</i> , 2016 ³²	Sankhuwasabha e Dhankuta/ Nepal	Cross-sectional	227 schoolchildren; Both sexes; 6 - 12 years	Investigate the association between iron level and thyroid function among Nepalese children living in mountainous regions
Luo <i>et al.</i> , 2017 ³³	United States of America	Cross-sectional	7.672; Both sexes; 20 years or older	Investigate the combined association of serum iron and urinary iodine concentrations with serum thyroid hormone measurements using a national representative sample from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES)
Suhail; Alsel.; Batool, 2020 ³⁴	Saudi Arabia	Cross-sectional	150; Both sexes; 24 - 76 years	Estimate the prevalence and association of thyroid dysfunction with anemia/ body iron status in the Saudi population of the northern border
Campos <i>et al.</i> , 2021 ³⁵	Bahia/ Brazil	Cross-sectional	982 schoolchildren; Both sexes; 6 - 14 years	Evaluate the nutritional status of selenium and iodine in schoolchildren
Islam <i>et al.</i> , 2021 ³⁶	Bangladesh	Cross-sectional	405; Women; 0 -81 years	Inspect the correlation between iron deficiency anemia and thyroid disorders in Bangladeshi women
Turan; Turksoy, 2021 ³⁷	Yozgat/ Turkey	Cross-sectional	181 (98 with goiter and 83 without goiter); Both sexes; 18 - 65 years	Compare serum levels of trace elements, such as selenium, zinc and copper in patients with euthyroid nodular goiter and healthy participants
Ravaglia <i>et al.</i> , 2000 ³⁸	Bolonha, Emilia Romagna/ Italy	Control case	132; Both sexes; Control: aged 20-64 years; Elderly group: n= 44 aged 65-89 years; Oldest-old group: n= 44 aged 90-107 years (24 were 100 years old or older)	Evaluate the relationships between thyroid function and blood levels of selenium, zinc, retinol and alpha-tocopherol in a selected group of healthy free-living Italian subjects
Cinaz <i>et al.</i> , 2004 ³⁹	Turkey	Control case	905; Both sexes; 6-12 years	Investigating the prevalence of goiter and serum selenium and urine iodine status among school children in the Ankara region of Turkey
Hekimsoy <i>et al.</i> , 2004 ⁴⁰	Turkey	Control case	102; Both sexes; With goiter n=72 aged 43 \pm 11 years; Without goiter: n= 30 aged 40,6 \pm 13,6 years	Measure iodine excretion rates in patients with diffuse or nodular goiter and examine plasma selenium concentrations in order to verify whether selenium

				deficiency may be related to the genesis of goiter in the studied region
Kandhro <i>et al.</i> , 2008 ⁴¹	Sindh/ Pakistan	Control case	186; Women; With goiter: n= 69 Without goiter: n=117; 21 - 45 years	Evaluate iron concentration in biological samples (serum and urine) and other biochemical parameters such as TSH, free triiodothyronine and free thyroxine in goiter patients and compare them with healthy women of the same age residing in the same area
Kishosha; Galukand; Gakwaya 2011 ⁴²	Uganda	Control case	92; Both sexes; 18 – 35 years	Determine serum selenium levels in goiter patients and non-goiter controls and determine the association between goiter and selenium levels in these patients
Çelik <i>et al.</i> , 2014 ⁴³	Hatay/ Turkey	Control case	214 schoolchildren; Both sexes; 6 - 12 years	Investigate urine iodine, selenium, zinc, copper or molybdenum deficiencies in children aged 6 to 12 years in two schools in Hatay province
Olivieri <i>et al.</i> , 1995 ⁴⁴	Vicenza/ Italy	Randomized clinical trial	109; Both sexes; Group I: n= 36 adults aged 20-44 years Group II: n= 36 individuals aged 20-44 years; Group III: n= 37 elderly aged 65 years and older	Investigate the relationships between age, selenium status and thyroid hormones in three groups of healthy free-living individuals of different ages, paired by sex distribution
Olivieri <i>et al.</i> , 1996 ⁴⁵	Vicenza/ Italy	Randomized clinical trial	109; Both sexes; Group I: n= 36 adults aged 20-44 years Group II: n= 36 individuals aged 20-44 years; Group III: n= 37 elderly aged 65 years and older	Investigate the relationships between age, selenium levels and thyroid hormones in three groups of healthy free-living individuals of different ages, paired by sex distribution. Further, measure serum and erythrocyte zinc to assess possible interactions with circulating levels of thyroid hormones
Gashu <i>et al.</i> , 2009 ⁴⁶	Amhara/ Ethiopia	Randomized clinical trial	624; Both sexes; 6 - 60 months	Investigate the influence of selenium inadequacy on thyroid response in children
El-masry <i>et al.</i> , 2018 ⁴⁸	Assiut e Qena,/ Egypt	Clinical trial	805; Both sexes; Women aged 18 - 22, 40 - 45 and 60 - 65 years; Men aged 60-65 years	Study the associations between serum selenium concentration, thyroid volume and the risk of thyroid gland enlargement in an area with mild iodine deficiency before and after the introduction of iodine fortification
Rasmussen <i>et al.</i> , 2011 ⁴⁷	Denmark	Cohort	120;(60 anemic and 60 non-anemic); Both sexes; 2 - 16 years	Investigate the possible occurrence of thyroid dysfunction among children with isolated iron deficiency anemia of various severities and test whether oral iron replacement therapy alone can reverse the associated thyroid function

				disorders, and if additional or present therapies are needed
Gu <i>et al.</i> , 2019 ⁴⁹	Tianjin/ China	Cohort	12.310; Both sexes; 45,5 (\pm 11,4) years	Examine whether thyroid hormones under physiological conditions can affect the development of anemia in the general population

Table 2. Methods employed for the assessment of nutritional status and association of iodine, iron, selenium, and zinc in population studies.

AUTHOR/YEAR	METHOD EVALUATION		ASSOCIATION BETWEEN NUTRITIONAL STATUS OF IODINE AND MICRONUTRIENTS
	Nutritional status of iodine	Micronutrient (method used)	
Wolde-Gebriel <i>et al.</i> , 1993 ¹¹	UIC; TSH; T3; T4; Thyroxine Binding Globulin; Thyroid palpation	Hemoglobin; Ferritin; Serum iron; Total iron binding capacity; Transferrin; Hematocrit, Mean Corpuscular Volume	Negative correlation between T3, T4 and Thyroxine Binding Globulin with hemoglobin; positive correlation between TSH and hemoglobin
Kvíčala <i>et al.</i> , 1995 ¹²	UIC; TSH; T3; T4; Thyroid ultrasound	Serum selenium; Urinary Selenium, Urinary selenium/creatinine and Creatinine Concentration (hair)	Positive correlation between T3 and serum selenium and selenium/creatinine; positive correlation between thyroid volume and serum selenium and urinary selenium; positive correlation between T4/T3 and serum selenium; negative correlation between thyroid volume and selenium/creatinine; negative correlation and T4 and serum selenium and urinary selenium.
Olivieri <i>et al.</i> , 1995 ⁴⁴	TSH; T3; T4	Serum Selenium and Erythrocyte Glutathione Peroxidase	Negative correlation T4 and positive T3/ T4 and selenium (all population). In older individuals, negative with T4 and positive T3/ T4
Olivieri <i>et al.</i> , 1996 ⁴⁵	TSH; T3; T4	Serum selenium; Glutathione Peroxidase; Serum zinc and red blood cells	Positive correlation in the older individuals group between T3/T4 and selenium status and Glutathione Peroxidase.
Hampel <i>et al.</i> , 1997 ¹³	UIC; Thyroid palpation	Serum zinc	NA
Ozata <i>et al.</i> , 1999 ¹⁴	UIC; TSH; T3; T4	Serum zinc, selenium and copper	UIC and zinc were lower in the group with goiter than in the group without goiter

Ravaglia <i>et al.</i> , 2000 ³⁸	TSH; T3; T4	Selenium and Serum Zinc	Positive correlation between T3 and T3/T4 with zinc in individuals under 90 years of age.
Zagrodzki <i>et al.</i> , 2000 ¹⁵	UIC; TSH; T4	Serum Selenium and Glutathione Peroxidase	Lower selenium concentrations and Glutathione Peroxidase activity in group with goiter compared to group without goiter
Erdoğan <i>et al.</i> , 2001 ¹⁶	UIC; TSH; T3; T4; Thyroid ultrasound; Thyroglobulin	Serum selenium	NA
Aydin <i>et al.</i> , 2002 ¹⁷	Thyroid ultrasound	Serum selenium	Positive correlation between thyroid volume and selenium; Selenium and iodine levels in children with goiter were lower
Azizi <i>et al.</i> , 2002 ¹⁸	UIC; TSH; T3; T4; Thyroid palpation	Ferritin	Lower goiter rates in children with higher ferritin concentrations
Cinaz <i>et al.</i> , 2004 ³⁹	UIC; TSH; T3; T4; Anti-TPO; Thyroid ultrasound	Serum selenium	Selenium level was lower in goiter group
Hekimsoy <i>et al.</i> , 2004 ⁴⁰	UIC; TSH; T3 and T4; total and free; Thyroid ultrasound	Serum selenium	NA
Eftekhari <i>et al.</i> , 2006 ¹⁹	UIC; TSH; T3; T4; T3 and T4 free; Uptake of triiodothyronine resin; Reverse triiodothyronine concentrations	Hemoglobin; Ferritin; Total iron binding capacity; Serum selenium	Positive correlation between T4, negative TSH, negative T3/T4 with ferritin; Ferritin contributed to T3 concentration
Thurlow <i>et al.</i> , 2006 ²⁰	CIU	Serum zinc; Hemoglobin and Ferritin	NA
Dabbaghmanesh <i>et al.</i> , 2008 ²¹	TSH; T3 and T4 free; Thyroid palpation	Serum zinc	NA
Kandhro <i>et al.</i> , 2008 ⁴¹	TSH; T3; T4	Hemoglobin; Serum and urinary iron; transferrin receptor; Mean Corpuscular Volume; Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration; Zinc Protoporphin	Serum and urinary iron concentrations were reduced in the group with goiter and increased TSH
Zagrodzki; Ratajczak, 2008 ²²	TSH; T3; T4 Plasma Glutathione Peroxidase; Anti-TPO; Thyroid ultrasound	Serum selenium	NA

Doupis <i>et al.</i> , 2009 ²³	UIC; TSH; T3; T4 livre; Anti-TPO; Anti-TG; Thyroid ultrasound	Serum selenium	NA
Gashu <i>et al.</i> , 2009 ⁴⁶	UIC; TSH; T3; T4; Thyroglobulin	Serum selenium	Positive correlation between T3 and T4, and negative correlation between TSH, thyroglobulin and selenium. Despite adequate iodine status, children with low selenium levels had lower T3 and T4 and higher TSH concentrations
Keshteli <i>et al.</i> , 2009 ²⁷	UIC; TSH; T4; Anti-TPO e Anti-TG	Serum selenium	Mean serum selenium in children with and without goiter were different. The prevalence of selenium deficiency was higher in boys and girls with goiter than without goiter
Moaddab <i>et al.</i> , 2009 ²⁵	UIC; T4; Thyroid palpation	Serum zinc	NA
Hashemipour <i>et al.</i> , 2010 ²⁶	UIC; TSH; T4; Anti-thyroglobulin; Anti-thyroperoxidase	Ferritin	Positive correlation between UIC and Ferritin
Keshteli <i>et al.</i> , 2010 ²⁴	UIC; TSH; T4	Serum zinc	Mean serum zinc levels in children with and without goiter were different
Kishosha; Galukand; Gakwaya 2011 ⁴²	Thyroid palpation	Serum selenium	Selenium levels between the populations with and without goiter were different; Selenium levels above 102.8µg / l presented a protective effect against goiter
Rasmussen <i>et al.</i> , 2011 ⁴⁷	UIC; Thyroid ultrasound	Serum selenium	Serum selenium concentration was associated with enlargement of the thyroid gland
Henjum <i>et al.</i> , 2012 ²⁸	UIC; Thyroid ultrasound	Hemoglobin	NA
Sanjari; Gholamhoseiniana; Nakhaee, 2012 ²⁹	Thyroid palpation	Serum zinc	NA
Liu <i>et al.</i> , 2013 ³⁰	UIC; TSH; T3 e T4 livres; Anti-TPO; Anti-TG; Thyroid ultrasound	Serum selenium	NA

Çelik <i>et al.</i> , 2014 ⁴³	UIC; Thyroid palpation	Urinary zinc and selenium	Positive correlation between selenium and zinc with iodine
Yavuz <i>et al.</i> , 2014 ³¹	TSH; T3 and T4 free	Hemoglobin; Ferritin; Serum iron; Mean Corpuscular Volume and Total Serum Iron Binding Capacity	NA
Khawwaja <i>et al.</i> , 2016 ³²	UIC; TSH; T3; T4	Hemoglobin; Serum iron; Total iron binding capacity; Transferrin saturation	Mean TSH level was higher in the anemic; T3 was higher in children with sufficient iron; Serum iron level and transferrin saturation were different in iodine deficient and iodine sufficient children. Negative correlation between TSH and transferrin saturation and hemoglobin; The risk of having hypothyroidism in anemic and iron deficient children was 5.513 and 1.939, respectively, compared to non-anemic and iron sufficient children.
Luo <i>et al.</i> , 2017 ³³	UIC; TSH; T3; T4; T3 and T4 free	Serum iron	When serum iron concentrations were normal, a high urinary iodine concentration was associated with reduced free T3 and increased risk of elevated TSH. When serum iron and iodine levels were low, there was an association with reduced free T3 level and increased TSH level
El-masry <i>et al.</i> , 2018 ⁴⁸	UIC; TSH; T3; T4	Hemoglobin; Ferritin; hematocrit; Red blood cell count; Mean Corpuscular Volume; Mean Corpuscular Hemoglobin; Red blood cell distribution width; Iron concentration; Total iron binding capacity; transferrin saturation; iron binding capacity	Positive correlation between T3 and negative TSH with serum iron; positive between TSH and red cell distribution width; positive T3 and red blood cell count; negative between TSH with hemoglobin, hematocrit, and red blood cell count
Gu <i>et al.</i> , 2019 ⁴⁹	TSH; T3 and T4 free	Hemoglobin	Increased T3 and T4 concentrations were associated with decreased incidence of anemia. There was an association between T3, T4 and annual changes in hemoglobin

Suhail; Alsel; Batool, 2020 ³⁴	TSH; T3; T4	Hemoglobin; Ferritin; Serum iron; transferrin saturation; Mean Corpuscular Volume; Mean Corpuscular Hemoglobin	TSH has a negative correlation with hemoglobin, serum iron, ferritin, transferrin saturation, mean corpuscular volume and mean corpuscular hemoglobin; T4 has a positive correlation with hemoglobin, serum iron, ferritin, transferrin saturation, mean corpuscular volume and mean corpuscular hemoglobin
Campos <i>et al.</i> , 2021 ³⁵	UIC; TSH	Urinary selenium	Positive correlation between UIC and selenium
Islam <i>et al.</i> , 2021 ³⁶	TSH, T4	Hemoglobin; Ferritin; Serum iron; Total iron binding capacity	Positive correlation between hypothyroidism and iron deficiency anemia (IDA); Association between congenital hypothyroidism and IDA
Turan; Turksoy, 2021 ³⁷	Thyroid ultrasound	Serum Selenium and Zinc	Serum zinc and selenium levels were higher in individuals without goiter compared to those with goiter

¹Identification of comparison group with the aid of palpation and ultrasonography for the diagnosis of goiter *UIC of 80 schoolchildren was performed to evaluate area of iodine sufficiency. UIC=Urinary Iodine Concentration; TSH = Thyroid Stimulating Hormone; T4= Thyroxine; T3= Triiodothyronine; CUS = Urinary Selenium Concentration; CRP = C Reactive Protein; TPO = Thyroid peroxidase; TG = Thyroglobulin; NA= There was no association between iodine nutritional status and evaluated micronutrient (p>0.05)

Supplementary 1. Peer Review of Electronic Search Strategies

PRESS Guideline — Search Submission & Peer Review Assessment

SEARCH SUBMISSION: THIS SECTION TO BE FILLED IN BY THE
SEARCHER

Searcher: Lopes et al.	Email: silvia.lopes.nut@hotmail.com
Date submitted: 27.08.2021	Date requested by: <i>[Maximum = 5 working days]</i>

Systematic Review Title:

Nutritional status of iodine and association with iron, selenium and zinc in population studies: systematic review

This search strategy is...

	My PRIMARY (core) database strategy — First time submitting a strategy for search question and database
X	My PRIMARY (core) strategy — Follow-up review NOT the first time submitting a strategy for search question and database. If this is a response to peer review, itemize the changes made to the review suggestions
	SECONDARY search strategy — First time submitting a strategy for search question and database
	SECONDARY search strategy — NOT the first time submitting a strategy for search question and database. If this is a response to peer review, itemize the changes made to the review suggestions

Database

(i.e., MEDLINE, CINAHL...): *[mandatory]*

MEDLINE

Interface

(i.e., Ovid, EBSCO...): *[mandatory]*

PUBMED

Research Question

(Describe the purpose of the search) *[mandatory]*

Estado nutricional de iodo está diretamente associada ao estado nutricional de ferro, zinco e selênio em estudos populacionais?

PECO Format

(Outline the PICO for your question — i.e., Patient, Intervention, Comparison, Outcome, and Study Design — as applicable)

P	Children, Adolescents, Adults and Elderly (descriptors and terms not used in the search)
E	Iodine nutritional status
C	No change in iodine nutritional status
O	Nutritional status of iron, zinc and selenium

Inclusion Criteria

(List criteria such as age groups, study designs, etc., to be included) *[optional]*

Studies with humans;

Studies that investigated the association between the nutritional status of iodine and the nutritional status of iron, zinc and selenium with the aid of biochemical assessment;

Studies conducted in any date, language or location.

Exclusion Criteria

(List criteria such as study designs, date limits, etc., to be excluded) *[optional]*

- *Review studies, letters to the editors, qualitative analyses, case studies or book chapters;*

- *Work with pregnant women, genetic diseases, such as: Down syndrome and sickle cell anemia; HIV and cancer.*

Was a search filter applied?

Yes

No

Zinc/deficiency Malnutrition Nutritional Deficiency Nutritional Deficiencies Undernutrition Malnourishment Malnourishments		Deficiency[Title/Abstract]) OR (Deficiency Vitamin A[Title/Abstract]) OR (Deficiencies, Vitamin A[Title/Abstract]) OR (Deficiency, Vitamin A[Title/Abstract]) OR (Vitamin A Deficiencies[Title/Abstract]) OR (Zinc Deficiency[Title/Abstract]) OR (Selenium[Title/Abstract]) OR (Selenium-80[Title/Abstract]) OR (Selenium 80[Title/Abstract]) OR (Growth Disorders[Title/Abstract]) OR (Zinc/deficiency[Title/Abstract]) OR (Malnutrition[Title/Abstract]) OR (Nutritional Deficiency[Title/Abstract]) OR (Nutritional Deficiencies[Title/Abstract]) OR (Undernutrition[Title/Abstract]) OR (Malnourishment[Title/Abstract])	
--	--	---	--

*Utilize as adaptações do acrônimo conforme a necessidade.

Default search strategy: Medline database (via Pubmed): (((((((((((Iodine Deficiency[Title/Abstract]) OR (Iodine Deficiency Disorder[Title/Abstract]) OR (Iodine Deficiency, Primary[Title/Abstract]) OR (Hypothyroidism, Congenital[Title/Abstract]) OR (Cretinism[Title/Abstract]) OR (Endemic Cretinism[Title/Abstract]) OR (Cretinism, Endemic[Title/Abstract]) OR (Fetal Iodine Deficiency Disorder[Title/Abstract]) OR (Myxedema, Congenital[Title/Abstract])) AND (((((((((((((((((((((((Famine, Occult[Title/Abstract]) OR (Iron[Title/Abstract]) OR (Iron-56[Title/Abstract]) OR (Iron 56[Title/Abstract]) OR (Iron Deficiency[Title/Abstract]) OR (Anemia, Iron-Deficiency[Title/Abstract]) OR (Anemia, Iron Deficiency[Title/Abstract]) OR (Iron-Deficiency Anemia[Title/Abstract]) OR (Iron Deficiency Anemia[Title/Abstract]) OR (Iron-Deficiency Anemias[Title/Abstract]) OR (Iron Deficiency Anemias[Title/Abstract]) OR (Anemias, Iron-Deficiency[Title/Abstract]) OR (Anemias, Iron Deficiency[Title/Abstract]) OR (Zinc Deficiency[Title/Abstract]) OR (Selenium[Title/Abstract]) OR (Selenium-80[Title/Abstract]) OR (Selenium 80[Title/Abstract]) OR (Growth Disorders[Title/Abstract]) OR (Zinc/deficiency[Title/Abstract]) OR (Malnutrition[Title/Abstract]) OR (Nutritional Deficiency[Title/Abstract]) OR (Nutritional Deficiencies[Title/Abstract]) OR (Undernutrition[Title/Abstract]) OR (Malnourishment[Title/Abstract])

Supplementary 2. Search strategies in the databases used

BASE DE DADOS	ESTRATÉGIA 1	NÚMERO DE ESTUDOS LOCALIZADOS
Medline/Pubmed	<p>((((((((((Iodine Deficiency[Title/Abstract]) OR (Iodine Deficiency Disorder[Title/Abstract])) OR (Iodine Deficiency, Primary[Title/Abstract])) OR (Hypothyroidism, Congenital[Title/Abstract])) OR (Cretinism[Title/Abstract])) OR (Endemic Cretinism[Title/Abstract])) OR (Cretinism, Endemic[Title/Abstract])) OR (Fetal Iodine Deficiency Disorder[Title/Abstract])) OR (Myxedema, Congenital[Title/Abstract])) AND (((((((((((((((((((((((Famine, Occult[Title/Abstract]) OR (Iron[Title/Abstract])) OR (Iron-56[Title/Abstract])) OR (Iron 56[Title/Abstract])) OR (Iron Deficiency[Title/Abstract])) OR (Anemia, Iron-Deficiency[Title/Abstract])) OR (Anemia, Iron Deficiency[Title/Abstract])) OR (Iron-Deficiency Anemia[Title/Abstract])) OR (Iron Deficiency Anemia[Title/Abstract])) OR (Iron-Deficiency Anemias[Title/Abstract])) OR (Iron Deficiency Anemias[Title/Abstract])) OR (Anemias, Iron-Deficiency[Title/Abstract])) OR (Anemias, Iron Deficiency[Title/Abstract])) OR (Zinc Deficiency[Title/Abstract])) OR (Selenium[Title/Abstract])) OR (Selenium-80[Title/Abstract])) OR (Selenium 80[Title/Abstract])) OR (Growth Disorders[Title/Abstract])) OR (Zinc/deficiency[Title/Abstract])) OR (Malnutrition[Title/Abstract])) OR (Nutritional Deficiency[Title/Abstract])) OR (Nutritional Deficiencies[Title/Abstract])) OR (Undernutrition[Title/Abstract])) OR (Malnourishment[Title/Abstract]))</p>	375 results
Web of science	<p>#1 (((((((((TS=(Iodine Deficiency)) OR TS=(Iodine Deficiency Disorder)) OR TS=(Iodine Deficiency, Primary)) OR TS=(Hypothyroidism, Congenital)) OR TS=(Cretinism)) OR TS=(Endemic Cretinism)) OR TS=(Cretinism, Endemic)) OR TS=(Fetal Iodine Deficiency Disorder)) OR TS=(Myxedema, Congenital)</p> <p>#2 (((((((((((((((((((((((TS=(Famine, Occult)) OR TS=(Iron)) OR TS=(Iron-56)) OR TS=(Iron 56)) OR TS=(Iron Deficiency)) OR TS=(Anemia, Iron-Deficiency)) OR TS=(Anemia, Iron Deficiency)) OR TS=(Iron-Deficiency Anemia)) OR TS=(Iron Deficiency Anemia)) OR TS=(Iron-Deficiency Anemias)) OR TS=(Iron Deficiency Anemias)) OR TS=(Anemias, Iron-Deficiency)) OR TS=(Anemias, Iron Deficiency)) OR TS=(Zinc Deficiency)) OR TS=(Selenium)) OR TS=(Selenium-80)) OR TS=(Selenium 80)) OR TS=(Growth Disorders)) OR TS=(Zinc/deficiency)) OR TS=(Malnutrition)) OR TS=(Nutritional Deficiency)) OR TS=(Nutritional Deficiencies)) OR TS=(Undernutrition)) OR TS=(Malnourishment)</p> <p>(#1) AND #2</p>	1857 results

CINAHL	<p>S1 - AB Iodine Deficiency OR AB Iodine Deficiency Disorder OR AB Iodine Deficiency, Primary OR AB Hypothyroidism, Congenital OR AB Cretinism OR AB Endemic Cretinism OR AB Fetal Iodine Deficiency Disorder OR AB Myxedema, Congenital</p> <p>S2 - AB Famine, Occult OR AB Iron OR AB Iron-56 OR AB Iron 56 OR AB Iron Deficiency OR AB Anemia, Iron-Deficiency OR AB Anemia, Iron Deficiency OR AB Iron-Deficiency Anemia OR AB Iron Deficiency Anemia OR AB Iron-Deficiency Anemias OR AB Iron Deficiency Anemias OR AB Anemias, Iron-Deficiency</p> <p>S3- AB Anemias, Iron Deficiency OR AB Zinc Deficiency OR AB selenium OR AB Selenium-80 OR AB Selenium 80 OR AB Growth Disorders OR AB Zinc/deficiency OR AB malnutrition OR AB Nutritional Deficiency OR AB Nutritional Deficiencies OR AB Undernutrition OR AB Malnourishment</p> <p>S1 AND (S2 OR S3)</p>	84 results
--------	--	------------

Supplementary 3. Risk of bias for each individual study assessed by Joanna Briggs Institute critical appraisal checklist for studies

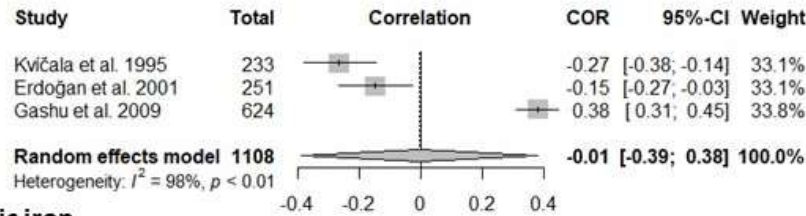
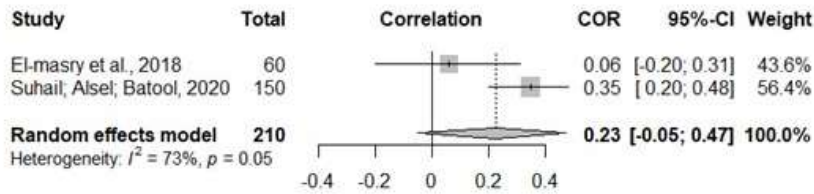
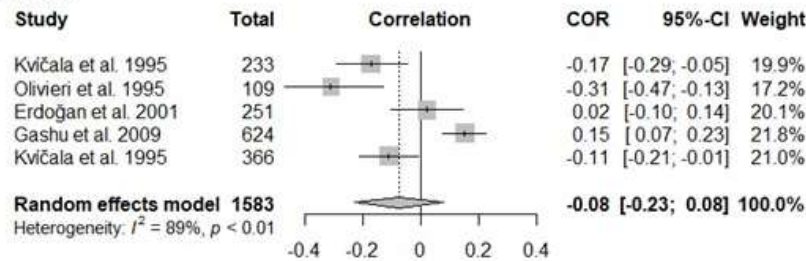
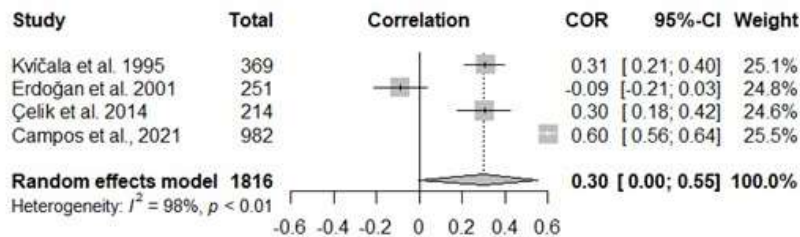
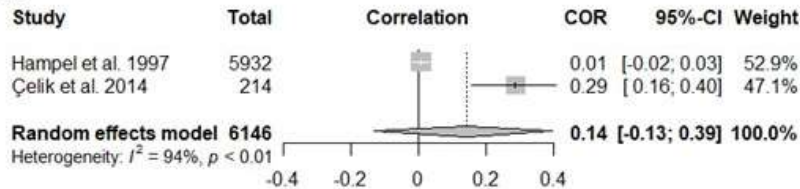
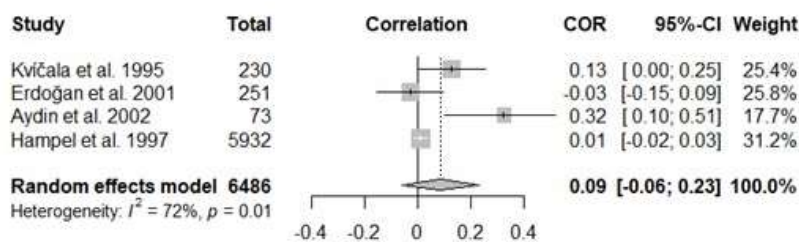
“Checklist for Analytical Cross Sectional Studies”, “Checklist for Case Control Studies”, “Checklist for Cohort Studies” e “Checklist for Randomized Controlled Trials”

A- Checklist for Analytical Cross Sectional Studies

Autor/ano	Critério							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Wolde-Gebriel et al., 1993	N	Y	Y	Y	Y	N	N	Y
Kvíčala et al., 1995	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Hampel et al., 1997	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y
Ozata et al., 1999	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y
Zagrodzki et al., 2000	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Erdoğan et al., 2001	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Aydin et al., 2002	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Azizi et al., 2002	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	U
Eftekhari et al., 2006	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Thurlow et al., 2006	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Dabbaghmanesh et al., 2008	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y
Zagrodzki; Ratajczak, 2008	U	Y	Y	U	Y	N	N	Y
Doupis et al., 2009	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Keshteli et al., 2009	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	U
Moaddab et al., 2009	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Hashemipour et al., 2010	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Keshteli et al., 2010	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Henjum et al., 2012	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Sanjari; Gholamhoseiniana; Nakhaee, 2012	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Liu et al., 2013	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Yavuz et al., 2014	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Khatiwada et al., 2016	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Luo et al., 2017	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Suhail; Alsel; Batool, 2020	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Campos et al., 2021	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Islam et al., 2021	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Turan; Turksoy, 2021	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y
TOTAL	24	27	27	26	24	19	22	25

Y = Yes, N = No, U = Unclear, NA = Not applicable; 1= Criteria for inclusion in the sample clearly defined; 2= Study subjects and the setting described in detail; 3= Exposure measured in a valid and reliable way; 4= Objective and standard criteria for measurement; 5= Confounding factors identified; 6= Strategies to deal with confounding factors; 7= Outcomes measured in a valid and reliable way e 8= Appropriate statistical analysis.

Y = Yes, N = No, U = Unclear, NA = Not applicable; 1= Were the two groups similar and recruited from the same population?; 2= Were the exposures measured similarly to assign people to both exposed and unexposed groups?; 3=Was the exposure measured in a valid and reliable way?; 4=Were confounding factors identified?; 5=Were strategies to deal with confounding factors stated?; 6= Were the groups/participants free of the outcome at the start of the study (or at the moment of exposure)?; 7=Were the outcomes measured in a valid and reliable way?; 8=Was the follow up time reported and sufficient to be long enough for outcomes to occur?; 9=Was follow up complete, and if not, were the reasons to loss to follow up described and explored?; 10=Were strategies to address incomplete follow up utilized?; 11=Was appropriate statistical analysis used?

T3 vs. Selenium**T4 vs. Seric iron****T4 vs. Selenium****UIC vs. Selenium****UIC vs. zinc****Thyroid volume vs. selenium**

Supplementary figure 1. Meta-analysis of the correlation coefficients between the nutritional status of iodine (T3, T4, TSH, and UIC) and that of iron (serum iron, ferritin and hemoglobin), selenium and zinc.

5.2. Artigo de revisão 2

Food insecurity and micronutrient deficiency in adults: a systematic review and meta-analysis

(Publicado Nutrients,

link para acesso: <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/5/1074>)

Sílvia Oliveira Lopes, Lívia Carvalho Sette Abrantes, Francilene Maria Azevedo, Núbia de Souza de Moraes, Dayane de Castro Moraes, Vivian Siqueira Santos Gonçalves, Edimar Aparecida Filomeno Fontes, Sylvia do Carmo Castro Franceschini, Sílvia Eloiza Priore

Abstract: Food insecurity is a public health problem, as it affects the health condition of individuals, which can occur directly in the form of food deprivation, or even indirectly, as the lack of access to necessity goods, education and housing, absorption and nutrition, in addition to the inadequate intake of micronutrients. The relationship between food insecurity and micronutrient deficiency requires more effort to deepen and discuss their relationship. Thus, this systematic review aimed to evaluate the association between food insecurity and micronutrient deficiency in adults. The research was conducted according to the PRISMA using the Medline/ Pubmed, Lilacs/BVS, Embase, Web of Science, and Cinahl databases. Studies carried out with male and female adults were included; which investigated the correlation or association between food insecurity and the nutritional status of micronutrients. There were no publication year, country, or language restrictions. A total of 1148 articles were found and 18 of these were included, carried out mainly on the American continent and with women. The most evaluated micronutrients were iron and vitamin A. Food insecurity was associated with nutrient deficiency in 89% (n=16) of the studies. As a result of the meta-analysis, it was observed that there is a greater chance of anemia and low levels of ferritin among food insecure individuals. It is concluded that food insecurity is associated with micronutrient deficiency. Understanding these problems allows the creation of public policies capable of contributing to changes. Protocol registration: This review was registered on the PROSPERO-International Prospective Register of Systematic Reviews database – CRD42021257443

Keywords: Food Security, Nutritional Status, Micronutrients, Systematic review, Meta-analysis

1. Introduction

In its definition, the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) [1] establishes the relationship of four essential axes for the understanding of food security, namely: Availability, access, biological use, and food stability. The interrelation between these axes is mentioned in the definition provided by the World Food Summit [2], mentioning the importance of granting physical and economic access to quality food that meets dietary needs and food preferences to everyone. Thus, food insecurity can be understood as when individuals and their families lack regular access to safe and nutritious food, which is necessary for their full development [3].

The 2030 Agenda for Sustainable Development recognizes the need to address food insecurity, hunger, and malnutrition worldwide. The positive projections of a decrease in this situation for the years 2009 to 2014/2015 failed to reach 2022. According to FAO, it is estimated that in 2021, 40.6% of the population (268 million people) faced moderate or severe food insecurity, an increase of 1.1% since 2020 [4].

Micronutrient deficiency may be related to the context of food (and nutritional) insecurity, as another aggravating factor in the health status of insecure individuals, who already have a poor self-perception of their health status [5]. Furthermore, this assessment should be considered in routine practices of diagnosis and health monitoring of individuals in situations of food insecurity, regardless of age group. It is known that this is not always true, therefore this review aims to justify the importance of such measures. As food insecurity is influenced by issues such as income, education, sex of the reference resident, and the presence of children in households, among other factors [6]. These issues associated with micronutrient deficiency contribute to the cyclic effect of food insecurity.

An example of the cyclic effect of food insecurity is the increase in the cost of food, which leads to difficulty in accessing, as well as less diversity and quality, which are the basis for healthy eating. Insecure families tend to look for cheaper foods that generally offer greater satiety, including ultra-processed foods and products with greater energy density in their intake, to the detriment of fruits, vegetables, and meat/eggs, all of which have micronutrient contents that favor good health [7]. The lack of access to a quality diet

involving the aforementioned food groups can increase the chances of developing micronutrient deficiencies, contributing to an increase in overweight and cardiometabolic risk [8,9].

The relationship between food insecurity and micronutrient deficiency is complex since it requires an organization of measures, programs, and public policies that permeate food systems, in order to contribute to dynamic processes from production to consumption. This is related to the cyclic effect of food insecurity and the global syndemic of obesity, malnutrition, and even climate change, which is defined as being “the synergisms between pandemics that coexist in time and space, interact with each other, and share common core social factors”. These food systems contribute both to obesity and malnutrition addition to this, there is, for example, the stimulus towards excessive consumption that leads to increased emissions of greenhouse gases, which generate climate impacts that negatively affects the health conditions of the population [10].

Understanding the food system while considering the entire production chain that encompasses production, processing, distribution, and consumption, along with its relationship with the axes of food security, demonstrates the importance of intersectoral measures to address micronutrient deficiency [7].

Iron, iodine, zinc, folate, and vitamin A deficiencies are classified as “Generalized Global Micronutrient Deficiencies” [11]. These have a direct impact on bodily functions and can cause health problems, such as the reduction of the ability to learn, which can lead to a decrease in the individual's productivity, making it difficult to access employment, among other factors that can contribute to the cyclic effects of food insecurity [6,11]. Public measures aimed at improving access to natural foods of higher nutritional quality should be encouraged with the objective of promoting food security [12,13].

Faced with the issue of food insecurity and micronutrient deficiency, characterizing them as public health issues, the objective of this review was to evaluate the association between food insecurity and micronutrient deficiency in adults. In light of the above, this study aimed to provide a compilation justifying the importance of effective measures to address these two health assessment axes, in addition to the adult age group.

2. Methods

2.1. Study design

This is a systematic review and meta-analysis study, based on the recommendations of the PRISMA Protocol - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis [14], registered in the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) – CRD42021257443.

The study question was developed based on the PECO acronym, where population (P) stands for adults, exposure (E) stands for food insecurity, comparison (C) stands for food security, and outcome (O) stands for food insecurity and micronutrient deficiency. Therefore, the present study was guided by the following question: “Is food insecurity associated with micronutrient deficiency in adult individuals?”

2.2. Eligibility

Studies that evaluated adults, regardless of gender, were included, in addition to studies that investigated the correlation or association between food insecurity and the nutritional status of micronutrients, assessed by biochemical tests. There were no restrictions on date, place, or language of publication.

Studies with qualitative analyses, reviews, and book chapters were excluded, as well as studies that evaluated pregnant and lactating women, specific conditions (genetic deficiencies in some micronutrient), or diseases, such as HIV and cancer. Studies that evaluated the nutritional status of micronutrients only by food consumption were excluded, as it is a subjective method of assessing the nutritional status.

2.3. Data source and search strategy

The search strategy was developed and validated by the researchers based on the list of recommendations from the Peer Review of Electronic Search Strategies (PRESS) [15]. Subsequently, it was forwarded to an independent researcher for verification and suggestions (Supplementary material 1).

Five databases were used, namely: Medline (via Pubmed), Lilacs, Embase, Web of Science, and Cinahl. The descriptors were localized using the controlled vocabulary from the DeCS and MeSH databases. Keywords were included from the indexed terms and their synonyms, and then they were interleaved by the Boolean operators OR and

AND for synonyms. The terms used were the following: “Adult”, “Young Adult”, “Middle aged”, “Food Insecurity”, “Famine, Iron”, “Anemia”, “Iron-Deficiency”, “Vitamin B12 Deficiency”, “Vitamin A Deficiency”, “Growth Disorders”, “Iodine”, “Malnutrition”, “Incidence”, “Cross-Sectional Studies” (Supplementary material 2). The search period was July 2022.

2.4. Selection of studies

The selection was performed in pairs (SOL and LCSA) independently using the Rayyan Software. Titles and abstracts were read in the first stage, and in cases of disagreement, a third researcher (NSM) was called to settle disagreements. In the second stage, the full text was read by two independent reviewers. In the absence of consensus, the third reviewer would once again be involved.

2.5. Data extraction

Data extraction was carried out by three researchers (SOL, LCSA, and NSM), extracting author, year of publication, location, type of study, sample, assessment instruments and the prevalence of food insecurity, micronutrients assessed and/or assessment method, prevalence of deficiency, statistical tests used, adjustments, and the relationship between food insecurity and micronutrient deficiency. For those articles where the group studied (i.e., adults) was included in the total population, information regarding this group was requested from the researchers responsible for the article.

2.6. The assessment of the methodological quality of the studies selected for systematic review

The instrument used to assess the risks of bias was the Joanna Briggs Institute's recommendation tool for cross-sectional studies [16]. It is composed of the following eight questions: “Inclusion criteria clearly defined in the sample”; “Study subjects and environment described in detail”; “Exposure measured validly and reliably”; “Clearly defined objectives, and inclusion and exclusion criteria”; “Confounders identified”; “Strategies for dealing with confounders”; “Validly and reliably measured results”;

“Adequate statistical analysis” [16]. This assessment was not used as an inclusion criterion for the studies (Supplementary material 3).

2.7. Data synthesis and analysis

The measures of association between food insecurity and micronutrient deficiency were obtained from each study and were then pooled. The data were loaded into an Excel spreadsheet and then exported to the R Studio software, version 4.2.0, to perform the meta-analysis. The summarized measure was the Odds Ratio (OR), using the `metabin` function of the `meta` package. To assess publication bias, the funnel symmetry test was applied, performed by the `funnel` function [17]. The heterogeneity of studies included in each meta-analysis was assessed according to the square of the inverse variance (I^2). For all analyses, the fixed effect was considered, considering the low heterogeneity observed ($I^2 < 25\%$). All results are summarized in the forest plot, using the `forest` function of the `metafor` package [18].

3. Results

The studies comprising this review were published between 2001 and 2022, all with a cross-sectional design, carried out in different countries, with 56% (n=10) [19-28] of them in the American continent, 28% (n=5) [29-33] in Asia, and 16% (n=3) [34-36] in the African continent. Of the studies, 72% (n=13) were performed with females, 6% (n=1) with males [22], and the rest with both males and females. Table 1 presents the description of the included studies.

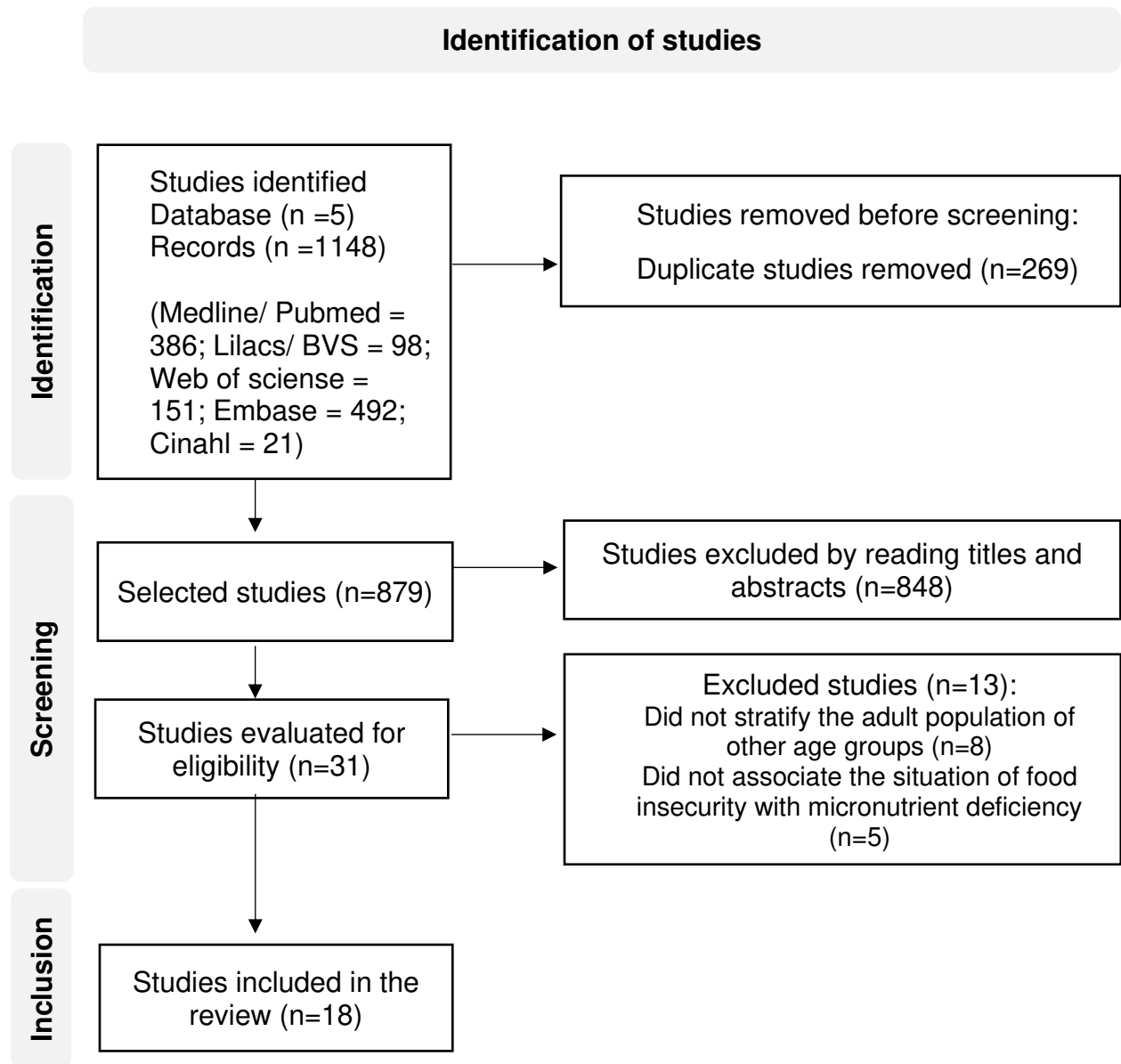


Figure 1. Schematic representation of the methodology used to prepare the systematic review (PAGE *et al.*, 2021).

Table 1. Description of the included studies: author, year, country, sample, and objectives.

AUTHOR / YEAR	COUNTRY	SAMPLE (number, sex, and age)	MAIN OBJECTIVE
Dixon <i>et al.</i> (2001) [19]	USA	6475. Males and females. 20-59 years.	To examine whether dietary intake and serum nutrients differed between adults from food insufficient households (FIH) and adults from food sufficient households (FSH).
Egeland <i>et al.</i> (2011) [20]	Canada	2595. Males and females. ≥ 18 years	To assess biomarkers of nutritional status and nutrient intake from traditional foods (TF) and food security status among the Inuit in Canada.
Gowda, Hadley, Aiello (2012) [21]	USA	12191. Males and females. ≥ 18 years	To investigate whether food insecurity is associated with nutritional levels, inflammatory response, and altered immune function.
Jamieson <i>et al.</i> (2012) [22]	Canada	994. Males. 18 - 39 years	To determine the prevalence of anemia, storage iron depletion, and iron overload, in addition to identifying correlates of iron status in Canadian Inuit males.
Fischer <i>et al.</i> (2014) [23]	Mexico	11205. Females. 21-49 years	To determine the association of household food insecurity with anemia in a nationally representative cross-sectional sample of Mexican females within reproductive age (12-49 years).
McDonald <i>et al.</i> (2015) [34]	Cambodia	Females. Mean age 29.6 ± 6.5 years	To assess household food insecurity and food diversity as correlates of maternal and child anthropometric status and anemia in rural Cambodia.
Sekhar <i>et al.</i> (2016) [24]	USA	3617. Females. 22-49 years	To examine risk factors for iron deficiency anemia in a nationally representative sample of younger (12–21 years) and older (22–49 years) adult females.
Ghose <i>et al.</i> (2016) [29]	Bangladesh	5666. Females. 13-40 years	To investigate whether there is any association between household food insecurity and anemia among females within reproductive age in Bangladesh.
Weigel <i>et al.</i> (2016) [25]	Ecuador	794. Females. <30 years (n= 344); 30-44 years (n=327); ≥ 45 years (n= 123)	To investigate the association of household food insecurity with the nutritional status of adult females living in families with children in low-income neighborhoods in Quito, Ecuador.
Parker <i>et al.</i> (2017) [35]	South Africa	1205. Females. 16-35 years	To determine the current vitamin A status of a nationally representative sample of females, comparing them with previous national data and determining the impact

			of sociodemographic aspects, diet, and body size on vitamin A status.
Soofi <i>et al.</i> (2017) [30]	Pakistan	11751. Females. 15-49 years	To determine the prevalence and possible factors associated with anemia, vitamin B12, and folate deficiencies in females within reproductive age.
Jones <i>et al.</i> (2017) [26]	Mexico	10.760. Females. 20-49 years	To determine the association between household food insecurity and the co-occurrence of becoming overweight and having anemia among females within reproductive age in the Mexican population.
Habib <i>et al.</i> (2018) [31]	Pakistan	7491. Females. 15-49 years	To investigate iron deficiency anemia in Pakistani females.
Mastiholi <i>et al.</i> (2018) [32]	India	770. Females. 15-39 years	To assess food insecurity and the nutritional status of preconception females in a rural population in northern Karnataka.
Murillo-Castillo <i>et al.</i> (2018) [27]	Mexico	116. Females. Mean age 36.4 ± 8.9 years	To determine whether food insecurity is associated with dietary and biochemical measures in mothers from northwestern Mexico, who depend mostly on fishing for their subsistence
Kazemi <i>et al.</i> (2020) [33]	Iran	266. Females. The mean age was 40.93 ± 11.1 years.	To investigate the association between household food insecurity and anemia, iron deficiency, and vitamin D deficiency among females within reproductive age in East Azerbaijan, Iran.
Pobee <i>et al.</i> (2020) [36]	Ghana	95. Females. 18-35 years.	To examine the association between food insecurity and micronutrient status among Ghanaian females who are planning to become pregnant.
Lopes <i>et al.</i> (2022) * [28]	Brazil	198. Males and females. 20–59 years	To determine the prevalence of anemia and associated factors in adults and elderly residents of the rural area of a city in Zona da Mata, Minas Gerais of Brazil

Fe = Iron; Hb = Hemoglobin; TF = Traditional foods, *Data provided by the authors when decoupling the adult group from the total population

Most studies evaluated food security with validated scales, 56% (n=10) with the US Household Food Security Scale; 11% (n=2) with the Latin American and Caribbean Food Security Scale [23,26], 5% (n=1) with the “Mexican Food Security Scale” [27], 5% (n=1) with the “Abbreviated Household Food Security Scale” [33], and 5% (n=1) with the

“Brazilian Food Insecurity Scale” [28] (Table 2), the others used tools to assess the situation of insecurity, such as the “NHANES Family Questionnaire” [19], the “Childhood Hunger Identification Project Scale” [35] and a “structured questionnaire” [30].

The results of micronutrients (iron, zinc, copper, and vitamins A, B12 (cobalamin), D, B9-Folate, C, and E reported in the studies were obtained using biochemical tests; with iron being the most evaluated micronutrient in 94% (n=17) of the studies, using different markers individually or in combination. Of these, 83% (n=15) were evaluated by hemoglobin, 39% (n=7) by ferritin, 11% (n=2) by the transferrin receptor, and 6% (n=1) by serum iron. Vitamin A was evaluated in 28% (n=5) of the studies and 39% (n=7) evaluated more than one micronutrient (Table 2).

Food insecurity was directly associated with nutrient deficiency processes in 89% (n=16) of the studies. Of the studies that evaluated more than one micronutrient (n=9), only one found an association between food insecurity and iron and vitamin D deficiency [33]. Anemia was the most recurrent outcome among the studies that evaluated the nutritional status of iron, representing 61% (n=11). Associations were maintained after adjusting for sociodemographic and economic characteristics. The detailed results of the studies are described in Table 2.

Regarding the risk of bias assessment, all studies had appropriate statistical analyses, the results were obtained reliably, there was valid measurement exposure, and they followed objective criteria (Figure 2). Among the studies, 78% (n=14) met all the criteria evaluated, presenting a low risk of bias (Supplementary material 3).

Table 2. The instruments used to assess food insecurity, micronutrient deficiencies, and the prevalence across studies.

AUTHOR / YEAR	EVALUATION		ASSOCIATION BETWEEN FI AND MICRONUTRIENT DEFICIENCY*
	FI	Deficiency, marker, or micronutrient	
Dixon <i>et al.</i> (2001) [19]	NHANES family questionnaire*	Ferritin Folate Vitamin A, C, E, B12, D	Young adults experiencing FI had lower serum concentrations of vitamin A and carotenoids than those experiencing FS; furthermore, elderly participants experiencing FI had lower concentrations of vitamin A and vitamin E than those in FS.
Egeland <i>et al.</i> (2011) [20]	Household Food Safety Survey - USDA	Hemoglobin Ferritin Vitamin D	Female and male adults experiencing FI had lower serum ferritin concentrations; Postmenopausal females who did not consume

			traditional foods had lower mean ferritin. Premenopausal females and males experiencing FI had lower hemoglobin values.
Gowda, Hadley, Aiello, (2012) [21]	Household Food Safety Survey - USDA	Folate Vitamin A, B12	NA
Jamieson <i>et al.</i> (2012) [22]	Household Food Safety Survey - USDA	Hemoglobin Ferritin Transferrin receptor	FI was negatively associated with serum ferritin; and in insecure males there was an increased risk of them having low or depleted iron stores
Fischer <i>et al.</i> (2014) [23]	Latin America and the Caribbean Food Security Scale	Hemoglobin	Females experiencing mild, moderate, and severe FI had a higher chance of being anemic
McDonald <i>et al.</i> (2015) [34]	Household Food Safety Survey - USDA	Hemoglobin	FI was associated with anemia
Sekhar <i>et al.</i> (2016) [24]	Household Food Safety Survey - USDA	Hemoglobin Ferritin Transferrin receptor	FI was associated with anemia and predictors of iron deficiency
Ghose <i>et al.</i> (2016) [29]	Household Food Safety Survey - USDA	Hemoglobin	FI in females was associated with anemia
Weigel <i>et al.</i> (2016) [25]	Household Food Safety Survey - USDA	Hemoglobin	FI was associated with anemia
Parker <i>et al.</i> (2017) [35]	Scale of the Childhood Hunger Identification Project - South Africa	Vitamin A	Females experiencing FI were at an increased risk of Vitamin A deficiency
Soofi <i>et al.</i> (2017) [30]	Structured Questionnaire - Pakistan	Hemoglobin Folate Vitamin B12	Females experiencing moderate FI were more likely to be anemic
Jones <i>et al.</i> (2017) [26]	Latin America and the Caribbean Food Security Scale	Hemoglobin	FI was associated with anemia
Habib <i>et al.</i> (2018) [31]	Household Food Safety Survey - USDA	Hemoglobin Ferritin Vitamin A Zinc	FI in females was associated with iron deficiency anemia
Mastiholi <i>et al.</i> (2018) [32]	Household Food Safety Survey - USDA	Hemoglobin	FI was associated with anemia
Murillo-Castillo <i>et al.</i> (2018) [27]	Mexican Food Security Scale	Hemoglobin	NA
Kazemi <i>et al.</i> (2020) [33]	Abbreviated Household Food Security Scale- Iran	Hemoglobin Ferritin Vitamin D	FI was associated with anemia, iron deficiency, and vitamin D deficiency
Pobee <i>et al.</i> (2020) [36]	Household Food Safety Survey - USDA	Hemoglobin Ferritin Serum iron Zinc Copper Vitamin A, D	FI was negatively associated with Vitamin A concentrations

Lopes <i>et al.</i> (2022) [28]	Brazilian Scale of Food Insecurity	Hemoglobin	FI was associated with anemia
---------------------------------	------------------------------------	------------	-------------------------------

FI = food insecurity; FS = food security. NA= no association;*seven specific questions about frequency and reasons for not eating;** Supplementary material with prevalence information

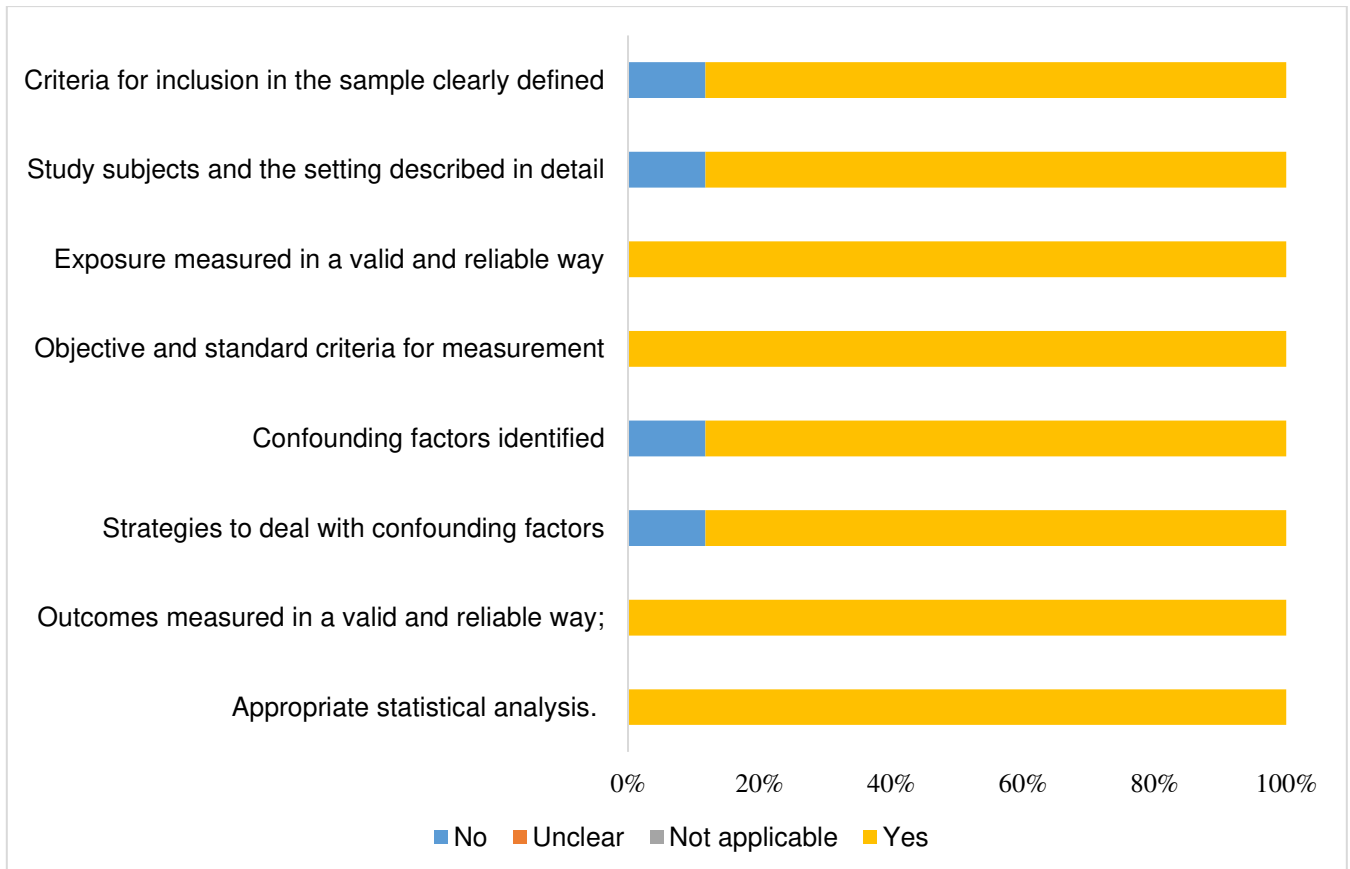


Figure 2. Risk of bias assessment for cross-sectional studies according to the Joanna Briggs Institute's risk of bias assessment tool [16].

In the systematization of the results, a greater chance of anemia was observed among individuals experiencing food insecurity, at any level of involvement. Thus, considering the OR values (95% CI), the chances of having anemia were 1.43 (1.34 – 1.73) higher among insecure individuals. Likewise, food insecure individuals were 1.68 (1.13-2.52) times more likely to have low ferritin. For vitamins D and A, no statistical significance was observed (Figure 3).

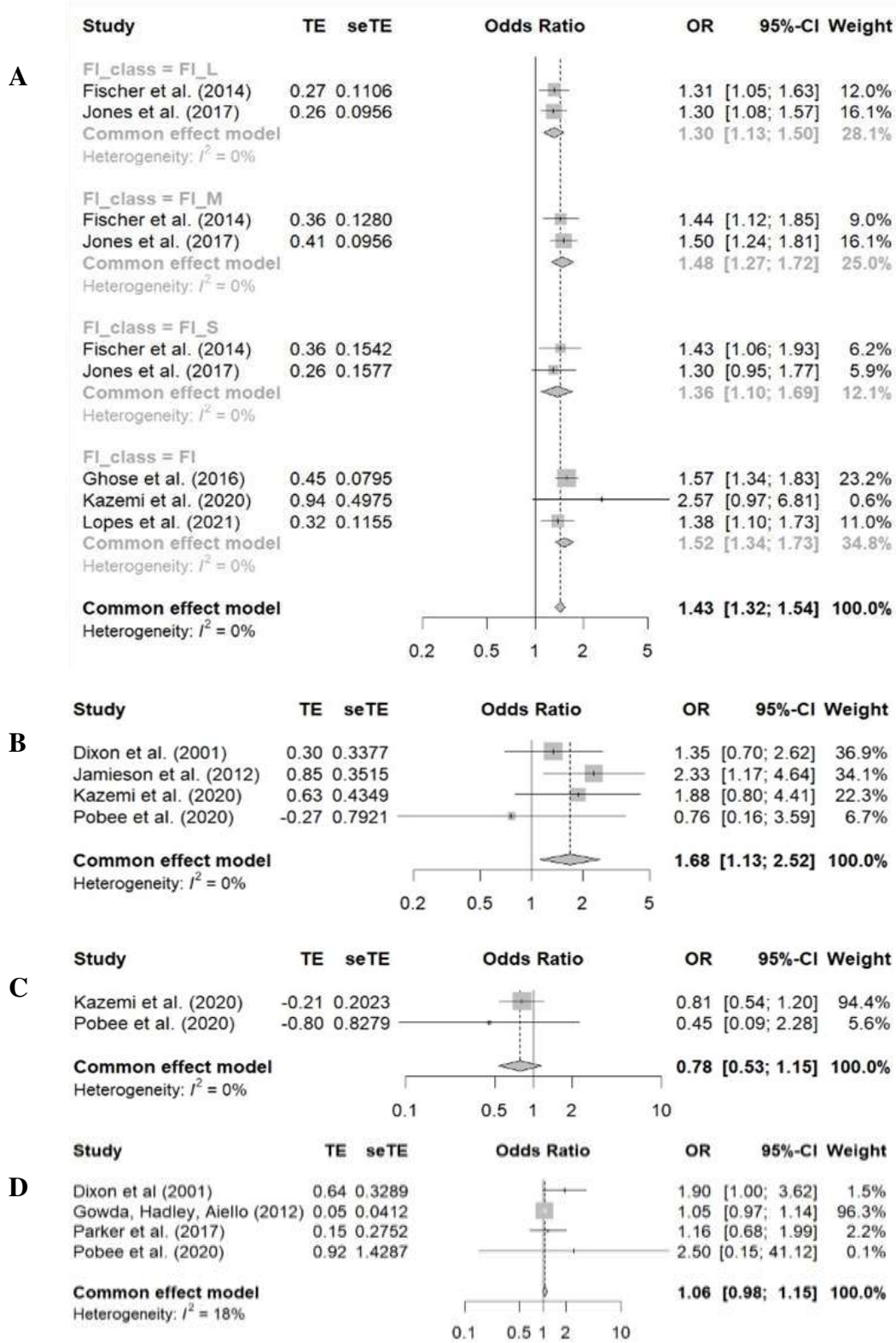


Figure 3. Meta-analysis of the association between food insecurity and anemia (A), low ferritin (B), vitamin D deficiency (C), and vitamin A (D) in adult individuals.

4. Discussion

Most studies showed an association between food insecurity and micronutrient deficiency in adults, highlighting iron as the main mineral evaluated. Individuals in a situation of food insecurity were more likely to be anemic and have low levels of ferritin, regardless of the level of insecurity that they may have experienced.

In addition to iron, the selected studies included the assessment of Vitamin A, C, E, B12, D, Zinc, and Copper, demonstrating the importance of assessing other micronutrients as well, but the number of articles included in this review demonstrates the scarcity of publications that cover the issue of nutritional deficiencies through biochemical tests in adults and their relationship with food insecurity. For other micronutrients, whose deficiency is considered a public health problem, such as iodine, no studies were found that covered food insecurity.

Articles evaluating micronutrient deficiencies in children are more commonly found in the literature. The most evaluated adult population consists of females within reproductive age, as they are more vulnerable to deficiencies, which may have repercussions on pregnancy and consequently on child development [37]. Female vulnerability in the context of disabilities is reported by Darnton-Hill *et al.* [38] being related to menstrual losses, number of pregnancies, lower education, and greater poverty, which results in a higher risk of morbidity and mortality. For instance, anemia during pregnancy increases the risk of maternal mortality.

However, the need to assess the relationship between nutritional deficiencies and food insecurity in adults in general is emphasized, as this age group is usually the first to be affected when there is food insecurity at home since they prioritize feeding children [39]. Still, they represent an important part of the population, and are characterized by being economically active. Micronutrient deficiencies processes can lead to losses in the economy and in the health of the population in general.

Protein energy malnutrition and/or micronutrient deficiency (hidden hunger) leads to greater susceptibility to diseases. For females within reproductive age, it can impact fetal development, which according to Barker's Hypothesis can result in the development

of diseases in adulthood. The fetus exposed to low nutrient availability can develop an adaptive response in the extrauterine environment that favors its development, as long as the same nutrient supply condition is maintained. An insufficient or excessive supply of nutrients can predispose the child to diseases such as obesity and others that affect metabolism. Thus, forming a cycle of diseases, with food as an important determinant [40-42], it is believed that these are factors that can justify the higher prevalence of studies included in this review having been carried out with females.

There is a challenge to be faced when relating micronutrient deficiency and food insecurity. On the agenda, there is a condition associated with inadequate diet and/or insufficient intake, and which may still be related to losses during the preparation and/or consumption. Access directly impacts food insecurity and the use of micronutrients, which involves issues such as: supply/access, quality, and bioavailability [43].

A study comparing families in situations of security and insecurity found lower energy consumption, protein, vitamins, and minerals among the insecure participants [44]. Corroborating the review, there is a study which was carried out to assess food insecurity in rural areas, where the authors observed lower consumption of vegetables and fruit juice among the insecure, in addition to a low diet diversity [45].

Dietary assessment is an indirect indicator of the nutritional status of micronutrients, as well as the condition of food insecurity, being more prone to errors. However, according to Morais, Lopes, and Priore [6], food consumption indicators characterize the food insecurity proxy when food groups and/or nutrients do not meet dietary recommendations. Thus, they may be related to nutritional dystrophies and hidden hunger, characterized by anthropometric and biochemical assessments, allowing inferences to be made regarding the nutritional status of individuals. The use of direct indicators such as biochemical tests to assess the concentrations of micronutrients has less potential for error, and its singular or combined use with dietary assessment in population studies is interesting.

A micronutrient deficiency can also occur in combination with other deficiency processes. In a study carried out with members of the United States military service, the incidence of these disabilities was followed over the years and there was an increase in rates over the years, especially among females and African Americans[46]. Another study

carried out with schoolchildren found that low urinary iodine excretion was common in the population with iron deficiency and anemia [47]. Therefore, the combined assessment of deficiency processes is important, considering food insecurity as one of the possible triggering factors.

Thus, the relationship between micronutrient deficiency and food insecurity is emphasized by the instability in the access and availability of quality food in sufficient quantity, and in the biological use of nutrients by individuals, thus compromising the health of the adult population, as demonstrated by this review.

This review's strengths include the inclusion of studies that used representative samples, which used validated instruments to assess food insecurity and micronutrients; in addition to the range of databases used to search for papers, the validation of the search strategy, as well as the performance of meta-analysis. One of the present review's limitations were the cross-sectional studies included, as their design does not allow establishing a cause-effect relationship between food insecurity and micronutrient deficiency.

5. Conclusion

An association between food insecurity and micronutrient deficiencies, especially iron and vitamin A, was found in the studies reviewed, where food insecure individuals are more likely to be anemic and have lower ferritin levels. These data are indicative of the need to explore the impact of food insecurity on micronutrient deficiencies, in addition to considering the relationship with other deficiencies that may coexist in individuals. This happens because deficiencies can cause social and economic costs to countries. Investing in population diagnoses and interventions to change this situation, in all age groups, can favor "breaking" the cycle of food insecurity.

Acknowledgments: To the Graduate Program in Agroecology and the Graduate Program in Nutrition Science Support Sources: We would like to thank the CAPES Foundation (Ministry of Education, Brazil, Financial Code 001), the Minas Gerais State Research Foundation (FAPEMIG, State of Minas Gerais, Brazil), and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, Ministry of Science and Technology, Brazil(439075/2018-1))

Author Contributions: SOL, LCSA, and NSM performed the research. SOL and SEP designed the research study. SOL, LCSA, FMAZ, and VSSG performed the analyses. SOL, DCM EAFF, SCCF, and SEP wrote the manuscript. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Author Declarations: The authors declare no conflict of interest.

7. References

- [1]. FAO. Agriculture and Development Economics Division (ESA) with support from the FAO Netherlands Partnership Programme (FNPP) and the EC-FAO Food Security Programme, 2006.
http://www.fao.org/fileadmin/templates/faoitaly/documents/pdf/pdf_Food_Security_Cocept_Note.pdf [accessed 29 August 2022].
- [2] Braun VJ, Afsana K, Fresco L, Hassan M, Torero M. Food Systems—definition, concept and application for the UN food systems summit. 2020.
https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2020/12/food_systems_paper-draft_oct-25.pdf. [accessed 29 August 2022].
- [3] Bezerra MS, Jacob MCM, Ferreira MAF, Vale D, Mirabal IRB, Lyra CO. Food and nutritional insecurity in Brazil and its correlation with vulnerability markers. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2020;25:3833-3846. doi: 10.1590/1413-812320202510.35882018
- [4] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2022.
Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable.2022, Rome, FAO. doi: 10.4060/cc0639en
- [5] Lee K. Household marginal food security is associated with poorer self-rated health in Korean adults. *Nutrition Research*. 2022;100:33-41. doi:10.1016/j.nutres.2022.01.001
- [6] Morais DC, Lopes SO, Priore SE. Evaluation indicators of Food and Nutritional Insecurity and associated factors: systematic review. *Ciência & Saúde Coletiva*.2020;25:2687-2700. doi: 10.1590/1413 81232020257.23672018
- [7] Bouis HE, Eozenou P, Rahman A. Food prices, household income, and resource allocation: socioeconomic perspectives on their effects on dietary quality and nutritional status. *Food and nutrition bulletin*. 2011;32:14-23. doi: 10.1177/15648265110321S103
- [8] Miguel EDS, Lopes SO, Araújo SP, Priore SE, Alfenas RCG, Hermsdorff HHM. Association between food insecurity and cardiometabolic risk in adults and the elderly: A systematic review. *Journal of Global Health*. 2020;10:1-7. doi: 10.7189/jogh.10.020402
- [9] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2021.Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome, FAO.2021, Rome, FAO. doi:10.4060/cb4474en

- [10] Swinburn BA, Kraak VI, Allender S, Atkins VJ, Baker PI, Bogard JR, et al. The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. *Lancet*. 2019;23:791-846. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32822-8
- [11] Bailey RL, West KP Jr, Black RE. The epidemiology of global micronutrient deficiencies. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2015;66:22-33. doi: 10.1159/000371618
- [12] Thompson B, Amoroso L. (2011). *Combating Micronutrient deficiencies: Food-based Approaches*. CABI and FAO, Rome. https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/ag2nut/pdf/am027e.pdf [accessed 10 August 2022].
- [13] Vogliano C, Raneri JE, Coad J, Tutua S, Wham C, Lachat C, et al. Dietary agrobiodiversity for improved nutrition and health outcomes within a transitioning indigenous Solomon Island food system. *Food Security*. 2021;13: 819–847. doi:10.1007/s12571-021-01167-7
- [14] Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;71. doi: 10.1136/bmj.n71
- [15] McGowan J, Sampson M, Salzwedel DM, Cogo E, Foerster V, Lefebvre C. PRESS Peer Review of Electronic Search Strategies: 2015 Guideline Statement. *Journal Clinical Epidemiol*. 2016;75:40-6. doi: 10.1016/j.jclinepi.2016.01.021
- [16] JBI. Joana Briggs Institute. Checklist for Analytical Cross Sectional Studies: Critical Appraisal tools for use in JBI Systematic Reviews. 2017. <https://jbi.global/critical-appraisal-tools> [accessed 4 August 2022].
- [17] BALDUZZI, S; RÜCKER, G; SCHWARZER, G. How to perform a meta-analysis with R: a practical tutorial. **Evidence-based mental health**, v. 22, n. 4, p. 153-160, 2019. Balduzzi S, Rücker G, Schwarzer G. How to perform a meta-analysis with R: a practical tutorial. *Evid Based Ment Health*. 2019;22:153-160. doi: 10.1136/ebmental-2019-300117.
- [18] Viechtbauer W. Conducting Meta-Analyses in R with the metafor Package. *Journal of Statistical Software*. 2010;36: 1–48. doi: 10.18637/jss.v036.i03.
- [19] Dixon LB, Winkleby MA, Radimer KL. Dietary intakes and serum nutrients differ between adults from food-insufficient and food-sufficient families: Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Journal of Nutrition*. 2001;131:1232-46. doi: 10.1093/jn/131.4.1232
- [20] Egeland GM, Johnson-Down L, Cao ZR, Sheikh N, Weiler H. Food insecurity and nutrition transition combine to affect nutrient intakes in Canadian arctic communities. *The Journal of nutrition*. 2011;141:1746-53. doi: 10.3945/jn.111.139006

- [21] Gowda C, Hadley C, Aiello AE. The association between food insecurity and inflammation in the US adult population. *American Journal of Public Health*. 2012;102:1579-86. doi: 10.2105/AJPH.2011.300551
- [22] Jamieson JA, Weiler HA, Kuhnlein HV, Egeland GM. Traditional food intake is correlated with iron stores in Canadian Inuit men. *Journal of nutrition*. 2012;142:764-70. doi: 10.3945/jn.111.140475
- [23] Fischer NC, Shamah-Levy T, Mundo-Rosas V, Méndez-Gómez-Humarán I, Pérez-Escamilla R. Household food insecurity is associated with anemia in adult Mexican women of reproductive age. *The Journal of nutrition*. 2014;144: 2066–2072. doi:10.3945/jn.114.197095
- [24] Sekhar DL, Murray-Kolb LE, Kunselman AR, Weisman CS, Paul IM. Differences in Risk Factors for Anemia Between Adolescent and Adult Women. *Journal of Women's Health (Larchmt)*. 2016;25:505-13. doi: 10.1089/jwh.2015.5449
- [25] Weigel MM, Armijos RX, Racines M, Cevallos W. Food Insecurity Is Associated with Undernutrition but Not Overnutrition in Ecuadorian Women from Low-Income Urban Neighborhoods. *Journal of environmental and public health*. 2016;2016:1-16. doi: 10.1155/2016/8149459.
- [26] Jones AD, Mundo-Rosas V, Cantoral A, Levy TS. Household food insecurity in Mexico is associated with the co-occurrence of overweight and anemia among women of reproductive age, but not female adolescents. *Maternal Child Nutrition*. 2017;13:1-13. doi: 10.1111/mcn.12396.
- [27] Murillo-Castillo KD, Frongillo EA, López-Teros V, Haby MM, Corella-Madueno M, Díaz-Zavala R. et al. Food insecurity was associated with low quality diet and low HDL level in mothers of Northwest Mexico relying on fisheries for livelihood. *Nutrition Hospitalaria*. 2018;35:1379-1386. doi: 10.20960/nh.1923
- [28] Lopes SO, Ribeiro SAV, Morais DdC, Miguel EdS, Gusmão LS, Franceschini SdCC et al.. Factors Associated with Anemia among Adults and the Elderly Family Farmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19:1-10. doi:10.3390/ijerph19127371
- [29] Ghose B, Tang S, Yaya S, Feng Z. Association between food insecurity and anemia among women of reproductive age. *PeerJ*. 2016;4:1-12. doi: 10.7717/peerj.1945
- [30] Soofi S, Khan GN, Sadiq K, Ariff S, Habib A, Kureishy S, Hussain I et al. Prevalence and possible factors associated with anaemia, and vitamin B 12 and folate deficiencies in women of reproductive age in Pakistan: analysis of national-level secondary survey data. *BMJ Open*. 2017;7:1-9. doi: 10.1136/bmjopen-2017-018007
- [31] Habib MA, Raynes-Greenow C, Soofi SB, Ali N, Nausheen S, Ahmed I, Bhutta ZA et al. Prevalence and determinants of iron deficiency anemia among non-pregnant women of reproductive age in Pakistan. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*. 2018;27:195-203. doi: 10.6133/apjcn.042017.14

- [32] Mastiholi SC, Somannavar MS, Vernekar SS, Yogesh Kumar S, Dhaded SM, Herekar VR et al. Food insecurity and nutritional status of preconception women in a rural population of North Karnataka, India. *Reproductive Health*. 2018;22:101-126. doi: 10.1186/s12978-018-0535-2
- [33] Kazemi A, Ghaemmaghami HSJ, Nikniaz L, Nikniaz Z. Is food insecurity associated with iron deficiency anemia and Vitamin D deficiency among women of reproductive age?. *Topics in Clinical Nutrition*.2020;35:240–247. doi: 10.1097/TIN.0000000000000218
- [34] McDonald CM, McLean J, Kroeun H, Talukder A, Lynd LD, Green TJ. Household food insecurity and dietary diversity as correlates of maternal and child undernutrition in rural Cambodia. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2015;69:242-246. doi: 10.1038/ejcn.2014.161.
- [35] Parker W, Mchiza.ZJ, Sewpaul R, Job N, Chola L, Sithole M et al. The impact of sociodemography, diet, and body size on serum retinol in women 16–35 years of age: SANHANES-1. *Annals of the New York Academy of Sciences*.2018;1416: 48-65. doi: 10.1111/nyas.13504
- [36] Pobee RA, Aguree S, Colecraft EK, Gernand AD, Murray-Kolb LE. Food Insecurity and Micronutrient Status among Ghanaian Women Planning to Become Pregnant. *Nutrients*. 2020; 13:1-12. doi: 10.3390/nu12020470.
- [37] Sulaiman N, Yeatman H, Russell J, Law LS. A Food Insecurity Systematic Review: Experience from Malaysia. *Nutrients*.2021;13:1-39.doi: 10.3390/nu13030945
- [38] Darnton-Hill I, Webb P, Harvey PW, Hunt JM, Dalmiya N, Chopra M et al. Micronutrient deficiencies and gender: social and economic costs. *American journal of clinical nutrition*. 2005;81: 1198-1205. doi: 10.1093/ajcn/81.5.1198
- [39] Kepple AW, Segall-Corrêa AM. Conceptualizing and measuring food and nutrition security. *Ciência & Saúde Coletiva*,2011;6:187-199.doi: 10.1590/S1413-81232011000100022
- [40] Barker DJ, Eriksson JG, Forsén T, Osmond C. Fetal origins of adult disease: strength of effects and biological basis. *International journal of epidemiology*.2002;31:1235-1239.doi: 10.1093/ije/31.6.1235
- [41] Mattos SS. Intrauterine programming for diseases of adult life. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2006;52:193-194.doi: 10.1590/S0104-42302006000400008
- [42] Silveira PP, Portella AK, Goldani MZ, Barbieri MA. Developmental Origins of Health and Disease (DOHaD). *Jornal de Pediatria*.2007;83:494-504.doi: 10.2223/JPED.1728
- [43] Cohen MJ, Tirado C, Aberman NL, Thompson B. Impact of Climate Change and Bioenergy on Nutrition

2008.https://www.unscn.org/layout/modules/resources/files/Impact_of_climate_change_and_bioenergy_on_nutrition.pdf . [accessed 24 April 2022].

[44] Tarasuk VC. Household Food Insecurity with Hunger Is Associated with Women's Food Intakes, Health and Household Circumstances, *The Journal of Nutrition*.2001; 131: 2670–2676.doi:10.1093/jn/131.10.2670

[45]Trivellato PT, Morais DC, Lopes SO, Miguel ES, Franceschini SCC, Priore SE. Food and nutritional insecurity in families in the Brazilian rural environment: a systematic review. *Ciência & Saúde Coletiva*,2019;24;865-874.doi: 10.1590/1413-81232018243.05352017

[46] Knapik JJ, Farina EK, Fulgoni VL, Lieberman HR. Clinically diagnosed iron and iodine deficiencies and disorders in the entire population of US military service members from 1997 to 2015. *Public Health Nutrition*. 2021;24:3187-3195. doi: 10.1017/S1368980021000495

[47] Khatiwada S, Lamsal M, Gelal B, Gautam S, Nepal AK, Brodie D et al. Anemia, Iron Deficiency and Iodine Deficiency among Nepalese School Children. *The Indian Journal of Pediatrics*.2016;83:617-621.doi: 10.1007/s12098-015-1924-y

Supplementary material 1. Evaluation with the Peer Review tool of Electronic Search Strategies (PRESS)

Peer Review of Electronic Search Strategies

PRESS Guideline — Search Submission & Peer Review Assessment

SEARCH SUBMISSION: THIS SECTION TO BE FILLED IN BY THE
SEARCHER

Searcher: Lopes et al.	Email: silvia.lopes.nut@hotmail.com
Date submitted: 19.08.2021	Date requested by: 24.08.2021 [Maximum = 5 working days]

Atualização da busca 15 de julho de 2022

Systematic Review Title:

Food insecurity and the nutritional status of micronutrients in population studies with adults: systematic review and meta-analysis

This search strategy is...

	My PRIMARY (core) database strategy — First time submitting a strategy for search question and database
X	My PRIMARY (core) strategy — Follow-up review NOT the first time submitting a strategy for search question and database. If this is a response to peer review, itemize the changes made to the review suggestions
	SECONDARY search strategy— First time submitting a strategy for search question and database
	SECONDARY search strategy — NOT the first time submitting a strategy for search question and database. If this is a response to peer review, itemize the changes made to the review suggestions

Database

(i.e., MEDLINE, CINAHL...): *[mandatory]*

MEDLINE

Interface

(i.e., Ovid, EBSCO...): *[mandatory]*

PUBMED

Research Question

(Describe the purpose of the search) *[mandatory]*

Há relação entre a situação de segurança alimentar e deficiência de micronutrientes?

PICO Format

(Outline the PICO for your question — i.e., Patient, Intervention, Comparison, Outcome, and Study Design — as applicable)

P	Adults
E	Food insecurity
C	Food security
O	Micronutrient deficiency
S	Cross-sectional studies

Inclusion Criteria

(List criteria such as age groups, study designs, etc., to be included) *[optional]*

Study with adults (20 - 59 years);

Studies that investigated the relationship or association between food insecurity and micronutrient deficiency;

Studies conducted in any date, language or location

Exclusion Criteria

(List criteria such as study designs, date limits, etc., to be excluded) *[optional]*

- Review studies, letters to the editors, qualitative analyses, case studies or book chapters;

- Studies with adults with any comorbidity that requires an increase or reduction in the metabolic demand of some analyzed nutrient, i.e. pregnant women, specific diseases such as HIV, Tuberculosis and cancer

- Articles that evaluated the nutritional status from food consumption by these methods being an estimate of the nutritional status of the micronutrient.

Was a search filter applied?

Yes No

	<p>Anemias, Iron- Deficiency Anemias, Iron Deficiency Vitamin B 12 Deficiency Deficiencies, Vitamin B12 Deficiency, Vitamin B 12 Deficiency, Vitamin B12 Vitamin B12 Deficiencies Vitamin B12 Deficiency Vitamin A Deficiency Deficiencies, Vitamin A Deficiency, Vitamin A Deficiencies Zinc Deficiency Growth Disorders Milk, Human/chemistry Zinc/deficiency Iodine Deficiency Iodine Deficiency, Primary Hypothyroidism, Congenital Cretinism Endemic Cretinism Cretinism, Endemic Fetal Iodine Deficiency Disorder Myxedema, Congenital Malnutrition Nutritional Deficiency Nutritional Deficiencies Undernutrition Malnourishment Malnourishments</p>	<p>Deficiencies)) OR (Vitamin B12 Deficiency)) OR (Vitamin A Deficiency)) OR (Deficiencies, Vitamin A)) OR (Deficiency, Vitamin A)) OR (Vitamin A Deficiencies)) OR (Zinc Deficiency)) OR (Growth Disorders)) OR (Milk, Human/chemistry)) OR (Zinc/deficiency)) OR (Iodine Deficiency)) OR (Iodine Deficiency, Primary)) OR (Hypothyroidism, Congenital)) OR (Cretinism)) OR (Endemic Cretinism)) OR (Cretinism, Endemic)) OR (Fetal Iodine Deficiency Disorder)) OR (Myxedema, Congenital)) OR (Malnutrition)) OR (Nutritional Deficiency)) OR (Nutritional Deficiencies)) OR (Undernutrition)) OR (Malnourishment)) OR (Malnourishments)</p>	
--	---	--	--

*Utilize as adaptações do acrônimo conforme a necessidade.

PEER REVIEW ASSESSMENT: THIS SECTION TO BE FILLED IN BY THE REVIEWER

Reviewer: Ana Claudia Morais Godoy Figueiredo	Email: aninha_m_godoy@hotmail.com	Date completed: 19.08.2021
1. TRANSLATION		
	A. No revisions	<input checked="" type="checkbox"/>
	B. Revision(s) suggested	<input type="checkbox"/>
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>

If “B” or “C,” please provide an explanation or example:

2. BOOLEAN AND PROXIMITY OPERATORS		
	A. No revisions	<input checked="" type="checkbox"/>
	B. Revision(s) suggested	<input type="checkbox"/>
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>

If “B” or “C,” please provide an explanation or example:

3. SUBJECT HEADINGS		
	A. No revisions	<input type="checkbox"/>
	B. Revision(s) suggested	<input checked="" type="checkbox"/>
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>

If “B” or “C,” please provide an explanation or example:

Sugiro que sejam avaliados os seguintes termos:

- 1) Incluir o termo Middle Aged e termo similar (Middle Age) para população do PECOS uma vez que inclui adultos com idade inferior a 45 anos. Os estudos com idosos serão excluídos na fase da leitura de títulos e resumos;
- 2) Incluir o termo Famine para o outcome do PECOS.
- 3) Incluir termo Zinc para o outcome do PECOS.
- 4) Incluir termos MESH Similares de Growth Disorders:
Disorder, Growth
Growth Disorder
Stunting
Stuntings
Stunted Growth
Growth, Stunted
- 5) Sugiro retirar o termo Milk, Human/chemistry – não é um aplicável para busca.
- 6) Retirar os seguintes descritores que são voltados para população infantil:
Hypothyroidism, Congenital
Cretinism
Endemic Cretinism

Cretinism, Endemic
 Fetal Iodine Deficiency Disorder
 Myxedema, Congenital

7) Incluir o termo Iodine e similares (Iodine-127; Iodine 127).

4. TEXT WORD SEARCHING			
	A. No revisions	<input checked="" type="checkbox"/>	
	B. Revision(s) suggested	<input type="checkbox"/>	
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>	

If “B” or “C,” please provide an explanation or example:

5. SPELLING, SYNTAX, AND LINE NUMBERS			
	A. No revisions	<input checked="" type="checkbox"/>	
	B. Revision(s) suggested	<input type="checkbox"/>	
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>	

If “B” or “C,” please provide an explanation or example:

6. LIMITS AND FILTERS			
	A. No revisions	<input type="checkbox"/>	
	B. Revision(s) suggested	<input checked="" type="checkbox"/>	
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>	

If “B” or “C,” please provide an explanation or example:

Devido ao fato de ser selecionado apenas estudos do tipo transversal, sugiro incluir o seguinte filtro por tipo de estudo:

(((((Incidence[MeSH Terms]) OR (Incidence[Title/Abstract]) OR (Incidences[Title/Abstract]) OR (Secondary Attack Rate[Title/Abstract]) OR (Attack Rate, Secondary[Title/Abstract]) OR (Rate, Secondary Attack[Title/Abstract]) OR (Secondary Attack Rates[Title/Abstract]) OR (Incidence Proportion[Title/Abstract]) OR (Incidence Proportions[Title/Abstract]) OR (Proportion, Incidence[Title/Abstract]) OR (Attack Rate[Title/Abstract]) OR (Attack Rates[Title/Abstract]) OR (Rate, Attack[Title/Abstract]) OR (Cumulative Incidence[Title/Abstract]) OR (Cumulative Incidences[Title/Abstract]) OR (Incidence, Cumulative[Title/Abstract]) OR (Incidence Rate[Title/Abstract]) OR (Incidence Rates[Title/Abstract]) OR (Rate, Incidence[Title/Abstract]) OR (Person-time Rate[Title/Abstract]) OR (Person time Rate[Title/Abstract]) OR (Person-time Rates[Title/Abstract]) OR (Rate, Person-time[Title/Abstract]) OR (Cross-Sectional Studies[MeSH Terms]) OR (Cross-Sectional Studies[Title/Abstract]) OR (Cross Sectional Studies[Title/Abstract]) OR (Cross-Sectional Study[Title/Abstract]) OR (Studies, Cross-Sectional[Title/Abstract]) OR (Study, Cross-Sectional[Title/Abstract]) OR (Cross Sectional Analysis[Title/Abstract]) OR (Analyses, Cross

	<p>OR (Insecurities, Food) OR (Insecurity, Food) AND (famine) OR (mh:(famine)) OR (Iron) OR (iron) OR (Iron-56) OR (Iron 56) OR (Iron Deficiency) OR (Anemia, Iron-Deficiency) OR (Anemia, Iron-Deficiency) OR (Anemia, Iron Deficiency) OR (Iron-Deficiency Anemia) OR (Iron Deficiency Anemia) OR (Iron-Deficiency Anemias) OR (Iron Deficiency Anemias OR Anemias) OR (Iron-Deficiency) OR (Anemias, Iron Deficiency) OR (Vitamin B 12 Deficiency) OR (Vitamin B 12 Deficiency) OR (Deficiencies, Vitamin B12) OR (Deficiency, Vitamin B 12) OR (Deficiency, Vitamin B12) OR (Vitamin B12 Deficiencies) OR (Vitamin B12 Deficiency) OR (Vitamin A Deficiency) OR (Vitamin A Deficiency) OR (Deficiencies, Vitamin A) OR (Deficiency, Vitamin A) OR (Vitamin A Deficiencies) OR (Zinc Deficiency) OR (Zinc) OR (Growth Disorders) OR (Growth Disorders) OR (Disorder, Growth) OR (Growth Disorder) OR (Stunting) OR (Stuntings) OR (Stunted Growth) OR (Growth, Stunted) OR (Iodine) OR (Iodine) OR (Iodine-127) OR (Iodine 127) OR (Iodine Deficiency) OR (Iodine Deficiency, Primary) OR (Malnutrition) OR (Malnutrition) OR (Nutritional Deficiency) OR (Nutritional Deficiencies) OR (Undernutrition) OR (Malnourishment) OR (Malnourishments) AND (Incidence) OR (mh:(Incidence)) OR (Incidences) OR (Incidences) OR (Secondary Attack Rate) OR (Attack Rate, Secondary) OR (Rate, Secondary Attack) OR (Secondary Attack Rates) OR (Incidence Proportion) OR (Incidence Proportions) OR (Proportion, Incidence) OR (Attack Rate) OR (Attack Rates) OR (Rate, Attack) OR (Cumulative Incidence) OR (Cumulative Incidences) OR (Incidence, Cumulative) OR (Incidence Rate) OR (Incidence Rates) OR (Rate, Incidence) OR (Person-time Rate) OR (Person time Rate) OR (Person-time Rates) OR (Rate, Person-time) OR (Cross-Sectional Studies) OR (Cross-Sectional Studies) OR (Cross Sectional Studies) OR (Cross-Sectional Study) OR (Studies, Cross-Sectional) OR (Study, Cross-Sectional) OR (Cross Sectional Analysis) OR (Analyses, Cross Sectional) OR (Cross Sectional Analyses) OR (Disease Frequency Surveys) OR (Cross-Sectional Survey) OR (Cross Sectional Survey) OR (Cross-Sectional Surveys) OR (Survey, Cross-Sectional) OR (Surveys, Cross-Sectional) OR (Surveys, Disease Frequency) OR (Disease Frequency Survey) OR (Survey, Disease Frequency) OR (Analysis, Cross-Sectional) OR (Analyses, Cross-Sectional) OR (Analysis, Cross Sectional) OR (Cross-Sectional Analyses) OR (Cross-Sectional Analysis) OR (Prevalence Studies) OR (Prevalence Study) OR (Studies, Prevalence) OR (Study, Prevalence)</p>	
--	--	--

	<p>TS=(Cross-Sectional Studies)) OR TS=(Cross-Sectional Studies)) OR TS=(Cross Sectional Studies)) OR TS=(Cross-Sectional Study)) OR TS=(Studies, Cross-Sectional)) OR TS=(Study, Cross-Sectional)) OR TS=(Cross Sectional Analysis)) OR TS=(Analyses, Cross Sectional)) OR TS=(Cross Sectional Analyses)) OR TS=(Disease Frequency Surveys)) OR TS=(Cross-Sectional Survey)) OR TS=(Cross Sectional Survey)) OR TS=(Cross-Sectional Surveys)) OR TS=(Survey, Cross-Sectional)) OR TS=(Surveys, Cross-Sectional)) OR TS=(Surveys, Disease Frequency)) OR TS=(Disease Frequency Survey)) OR TS=(Survey, Disease Frequency)) OR TS=(Analysis, Cross-Sectional)) OR TS=(Analyses, Cross-Sectional)) OR TS=(Analysis, Cross Sectional)) OR TS=(Cross-Sectional Analyses)) OR TS=(Cross-Sectional Analysis)) OR TS=(Prevalence Studies)) OR TS=(Prevalence Study)) OR TS=(Studies, Prevalence)) OR TS=(Study, Prevalence)</p> <p>((#1) AND #2) AND #3) AND #4</p>	
Embase	<p>('adult'/exp OR adult OR 'adults'/exp OR adults OR 'young adult'/exp OR 'young adult' OR (young AND ('adult'/exp OR adult)) OR 'adult, young'/exp OR 'adult, young' OR (('adult',/exp OR adult,) AND young) OR 'adults, young' OR (('adults',/exp OR adults,) AND young) OR 'young adults'/exp OR 'young adults' OR (young AND ('adults'/exp OR adults)) OR 'middle aged'/exp OR 'middle aged' OR (middle AND ('aged'/exp OR aged)) OR 'middle age'/exp OR 'middle age' OR (middle AND ('age'/exp OR age))) AND ('food insecurity'/exp OR 'food insecurity' OR (('food'/exp OR food) AND ('insecurity'/exp OR insecurity)) OR 'food insecurities' OR (('food'/exp OR food) AND insecurities) OR 'insecurities, food' OR (insecurities, AND ('food'/exp OR food)) OR 'insecurity, food' OR (insecurity, AND ('food'/exp OR food))) AND ('famine'/exp OR famine OR 'iron'/exp OR iron OR 'iron 56'/exp OR 'iron 56' OR (('iron'/exp OR iron) AND 56) OR 'iron deficiency'/exp OR 'iron deficiency' OR (('iron'/exp OR iron) AND ('deficiency'/exp OR deficiency)) OR 'anemia, iron-deficiency'/exp OR 'anemia, iron-deficiency' OR (('anemia',/exp OR anemia,) AND ('iron deficiency'/exp OR 'iron deficiency')) OR 'anemia, iron deficiency'/exp OR 'anemia, iron deficiency' OR (('anemia',/exp OR anemia,) AND ('iron'/exp OR iron) AND ('deficiency'/exp OR deficiency)) OR 'iron-deficiency anemia'/exp OR 'iron-deficiency anemia' OR (('iron deficiency'/exp OR 'iron deficiency') AND ('anemia'/exp OR anemia)) OR 'iron deficiency anemia'/exp OR 'iron deficiency anemia' OR (('iron'/exp OR iron) AND ('deficiency'/exp OR deficiency) AND ('anemia'/exp OR anemia)) OR 'iron-deficiency anemias' OR (('iron</p>	492

	<p>deficiency'/exp OR 'iron deficiency') AND anemias) OR 'iron deficiency anemias' OR ((('iron'/exp OR iron) AND ('deficiency'/exp OR deficiency) AND anemias) OR 'anemias, iron-deficiency' OR (anemias, AND ('iron deficiency'/exp OR 'iron deficiency')) OR 'anemias, iron deficiency' OR (anemias, AND ('iron'/exp OR iron) AND ('deficiency'/exp OR deficiency)) OR 'vitamin b 12 deficiency'/exp OR 'vitamin b 12 deficiency' OR (('vitamin'/exp OR vitamin) AND b AND 12 AND ('deficiency'/exp OR deficiency)) OR 'deficiencies, vitamin b12' OR (deficiencies, AND ('vitamin'/exp OR vitamin) AND ('b12'/exp OR b12)) OR 'deficiency, vitamin b 12' OR (deficiency, AND ('vitamin'/exp OR vitamin) AND b AND 12) OR 'deficiency, vitamin b12' OR (deficiency, AND ('vitamin'/exp OR vitamin) AND ('b12'/exp OR b12)) OR 'vitamin b12 deficiencies' OR (('vitamin'/exp OR vitamin) AND ('b12'/exp OR b12) AND deficiencies) OR 'vitamin b12 deficiency'/exp OR 'vitamin b12 deficiency' OR (('vitamin'/exp OR vitamin) AND ('b12'/exp OR b12) AND ('deficiency'/exp OR deficiency)) OR 'vitamin a deficiency'/exp OR 'vitamin a deficiency' OR (('vitamin'/exp OR vitamin) AND a AND ('deficiency'/exp OR deficiency)) OR 'deficiencies, vitamin a' OR (deficiencies, AND ('vitamin'/exp OR vitamin) AND a) OR 'deficiency, vitamin a'/exp OR 'deficiency, vitamin a' OR (deficiency, AND ('vitamin'/exp OR vitamin) AND a) OR 'vitamin a deficiencies' OR (('vitamin'/exp OR vitamin) AND a AND deficiencies) OR 'zinc deficiency'/exp OR 'zinc deficiency' OR (('zinc'/exp OR zinc) AND ('deficiency'/exp OR deficiency)) OR 'zinc'/exp OR zinc OR 'growth disorders'/exp OR 'growth disorders' OR (('growth'/exp OR growth) AND ('disorders'/exp OR disorders)) OR 'disorder, growth'/exp OR 'disorder, growth' OR (('disorder,'/exp OR disorder,) AND ('growth'/exp OR growth)) OR 'growth disorder'/exp OR 'growth disorder' OR (('growth'/exp OR growth) AND ('disorder'/exp OR disorder)) OR 'stunting'/exp OR stunting OR stuntings OR 'stunted growth'/exp OR 'stunted growth' OR (stunted AND ('growth'/exp OR growth)) OR 'growth, stunted' OR (('growth,'/exp OR growth,) AND stunted) OR 'iodine'/exp OR iodine OR 'iodine 127'/exp OR 'iodine 127' OR (('iodine'/exp OR iodine) AND 127) OR 'iodine deficiency'/exp OR 'iodine deficiency' OR (('iodine'/exp OR iodine) AND ('deficiency'/exp OR deficiency)) OR 'iodine deficiency, primary' OR (('iodine'/exp OR iodine) AND deficiency, AND primary) OR 'malnutrition'/exp OR malnutrition OR 'nutritional deficiency'/exp OR 'nutritional deficiency' OR (nutritional AND ('deficiency'/exp OR deficiency)) OR 'nutritional deficiencies' OR (nutritional AND deficiencies) OR 'undernutrition'/exp OR undernutrition OR 'malnourishment'/exp OR malnourishment OR malnourishments) AND ('incidence'/exp OR incidence OR incidences OR 'secondary attack rate'/exp OR 'secondary attack rate' OR (('secondary'/exp OR secondary) AND attack AND rate) OR 'attack rate, secondary' OR (attack AND rate, AND</p>	
--	---	--

	<p>(secondary'/exp OR secondary)) OR 'rate, secondary attack' OR (rate, AND ('secondary'/exp OR secondary) AND attack) OR 'secondary attack rates' OR (('secondary'/exp OR secondary) AND attack AND rates) OR 'incidence proportion'/exp OR 'incidence proportion' OR (('incidence'/exp OR incidence) AND proportion) OR 'incidence proportions' OR (('incidence'/exp OR incidence) AND proportions) OR 'proportion, incidence' OR (proportion, AND ('incidence'/exp OR incidence)) OR 'attack rate'/exp OR 'attack rate' OR (attack AND rate) OR 'attack rates' OR (attack AND rates) OR 'rate, attack' OR (rate, AND attack) OR 'cumulative incidence'/exp OR 'cumulative incidence' OR (cumulative AND ('incidence'/exp OR incidence)) OR 'cumulative incidences' OR (cumulative AND incidences) OR 'incidence, cumulative' OR (('incidence',/exp OR incidence,) AND cumulative) OR 'incidence rate'/exp OR 'incidence rate' OR (('incidence'/exp OR incidence) AND rate) OR 'incidence rates' OR (('incidence'/exp OR incidence) AND rates) OR 'rate, incidence'/exp OR 'rate, incidence' OR (rate, AND ('incidence'/exp OR incidence)) OR 'person-time rate'/exp OR 'person-time rate' OR ('person time' AND rate) OR 'person time rate'/exp OR 'person time rate' OR (person AND ('time'/exp OR time) AND rate) OR 'person-time rates' OR ('person time' AND rates) OR 'rate, person-time' OR (rate, AND 'person time') OR 'cross-sectional studies'/exp OR 'cross-sectional studies' OR ('cross sectional' AND ('studies'/exp OR studies)) OR 'cross sectional studies'/exp OR 'cross sectional studies' OR (cross AND sectional AND ('studies'/exp OR studies)) OR 'cross-sectional study'/exp OR 'cross-sectional study' OR ('cross sectional' AND ('study'/exp OR study)) OR 'studies, cross-sectional' OR (studies, AND 'cross sectional') OR 'study, cross-sectional' OR (('study',/exp OR study,) AND 'cross sectional') OR 'cross sectional analysis'/exp OR 'cross sectional analysis' OR (cross AND sectional AND ('analysis'/exp OR analysis)) OR 'analyses, cross sectional' OR (analyses, AND cross AND sectional) OR 'cross sectional analyses' OR (cross AND sectional AND analyses) OR 'disease frequency surveys' OR (('disease'/exp OR disease) AND ('frequency'/exp OR frequency) AND ('surveys'/exp OR surveys)) OR 'cross-sectional survey' OR ('cross sectional' AND ('survey'/exp OR survey)) OR 'cross sectional survey' OR (cross AND sectional AND ('survey'/exp OR survey)) OR 'cross-sectional surveys' OR ('cross sectional' AND ('surveys'/exp OR surveys)) OR 'survey, cross-sectional' OR (survey, AND 'cross sectional') OR 'surveys, cross-sectional' OR (surveys, AND 'cross sectional') OR 'surveys, disease frequency' OR (surveys, AND ('disease'/exp OR disease) AND ('frequency'/exp OR frequency)) OR 'disease frequency survey' OR (('disease'/exp OR disease) AND ('frequency'/exp OR frequency) AND ('survey'/exp OR survey)) OR 'survey, disease</p>	
--	--	--

	<p>frequency' OR (survey, AND ('disease'/exp OR disease) AND ('frequency'/exp OR frequency)) OR 'analysis, cross-sectional' OR (('analysis,'/exp OR analysis,) AND 'cross sectional') OR 'analyses, cross-sectional' OR (analyses, AND 'cross sectional') OR 'analysis, cross sectional' OR (('analysis,'/exp OR analysis,) AND cross AND sectional) OR 'cross-sectional analyses' OR ('cross sectional' AND analyses) OR 'cross-sectional analysis' OR ('cross sectional' AND ('analysis'/exp OR analysis)) OR 'prevalence studies' OR (('prevalence'/exp OR prevalence) AND ('studies'/exp OR studies)) OR 'prevalence study'/exp OR 'prevalence study' OR (('prevalence'/exp OR prevalence) AND ('study'/exp OR study)) OR 'studies, prevalence' OR (studies, AND ('prevalence'/exp OR prevalence)) OR 'study, prevalence' OR (('study,'/exp OR study,) AND ('prevalence'/exp OR prevalence)))</p>	
CINAHL	<p>(AB famine OR AB famine OR AB Iron OR AB iron OR AB Iron-56 OR AB Iron 56 OR AB Iron Deficiency OR AB Anemia, Iron-Deficiency OR AB Anemia, Iron-Deficiency OR AB Anemia, Iron Deficiency OR AB Iron-Deficiency Anemia OR AB Iron Deficiency Anemia OR AB Iron-Deficiency Anemias OR AB Iron Deficiency Anemias OR AB Anemias, Iron-Deficiency OR AB Anemias, Iron Deficiency OR AB Vitamin B 12 Deficiency OR AB Vitamin B 12 Deficiency OR AB Deficiencies, Vitamin B12 OR AB Deficiency, Vitamin B 12 OR AB Deficiency, Vitamin B12 OR AB Vitamin B12 Deficiencies OR AB Vitamin B12 Deficiency OR AB Vitamin A Deficiency OR AB Vitamin A Deficiency OR AB Deficiencies, Vitamin A OR AB Deficiency, Vitamin A OR AB Vitamin A Deficiencies OR AB Zinc Deficiency OR AB Zinc OR AB Zinc OR AB Growth Disorders OR AB Growth Disorders OR AB Disorder, Growth OR AB Growth Disorder OR AB Stunting OR AB Stuntings OR AB Stunted Growth OR AB Growth, Stunted OR AB Iodine OR AB Iodine OR AB Iodine-127 OR AB Iodine 127 OR AB Iodine Deficiency OR AB Iodine Deficiency, Primary OR AB Malnutrition OR AB Malnutrition OR AB Nutritional Deficiency OR AB Nutritional Deficiencies OR AB Undernutrition OR AB Malnourishment OR AB Malnourishments) AND (S1 AND S2 AND S3 AND S4)</p>	21

Supplementary material 3. Risk of bias assessment

Table. Risk of bias for each individual study assessed by Joanna Briggs Institute critical appraisal checklist for prevalence studies

Studies	Criteria							
	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*
Dixon et al. (2001)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Egeland et al (2011)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Gowda, Hadley, Aiello (2012)	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Jamieson et al (2012)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Fischer et al. (2014)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
McDonald et al (2015)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Sekhar et al (2016)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Ghose et al. (2016)	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Weigel et al. (2016)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Parker et al (2017)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Soofi et al (2017)	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y
Jones et al (2017)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Habib et al (2018)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Mastiholi et al. (2018)	Y	N	Y	Y	N	N	Y	Y
Murillo-Castillo et al (2018)	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Kazemi et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Pobee et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Lopes et al (2022) ¹	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

Y = Yes, N = No, U = Unclear, NA = Not applicable

1* Criteria for inclusion in the sample clearly defined;

2* Study subjects and the setting described in detail;

3* Exposure measured in a valid and reliable way;

4* Objective and standard criteria for measurement;

5* Confounding factors identified;

6* Strategies to deal with confounding factors;

7* Outcomes measured in a valid and reliable way;

8* Appropriate statistical analysis.

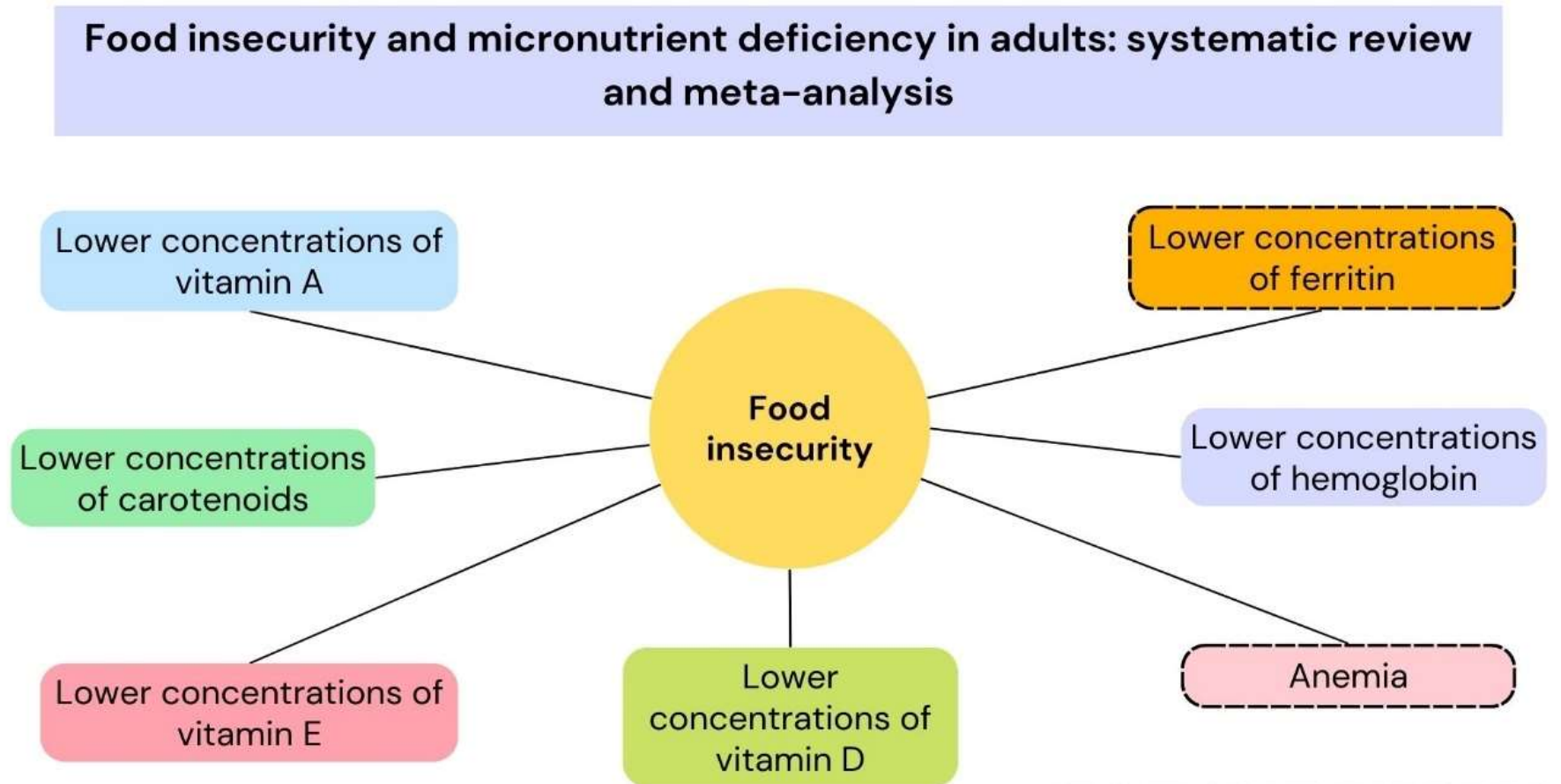
¹ Researcher SOL did not participate in the quality assessment of this article.

Supplementary materials 4. Table of Food Insecurity and Micronutrient Deficiency Prevalence

AUTOR/ANO	PREVALÊNCIAS	
	FI	Deficiência do micronutrientes
Dixon <i>et al.</i> (2001)	NR	
Egeland <i>et al.</i> (2011)	62,6%	NR
Gowda, Hadley, Aiello, (2012)	FI moderada: 7,5%; FI grave: 14,0%	NR
Jamieson <i>et al.</i> (2012)	NR	Anemia: Total: 16,1% (18-30 anos: 6,4%; 31-50 anos: 10,6%; 51 anos: 30,3%) Anemia por deficiência de ferro**: Total: 2,4% (18-30 anos: 2,7%; 31-50 anos: 3,2%; 51 anos: 1,1%)
Fischer <i>et al.</i> (2014)	População total: FI leve: 43,4%; FI moderada: 18,8%; FI grave: 11,3% 12 a 20 anos: FI leve: 44,0%; FI moderada: 20,2%; FI grave: 12,3% 21 a 49 anos: FI leve: 43,1%; FI moderada: 18,3%; FI grave: 10,9%	Anemia: Total: 11,8% (12-20 anos: 7,8%; 21- 49 anos: 13,5%)
Herrán, Ward, Villamor (2014)	NR	Deficiência de Vitamina B12: 18,5%
McDonald <i>et al.</i> (2015)	81,6% (FI leve: 32,8%; FI moderada: 37,0%; FI grave: 11,8%)	NR
Sekhar <i>et al.</i> (2016)	12 a 21 anos: 36,8% 22 a 49 anos: 30,3 %	Anemia: mulheres mais jovens(12-21 anos): 2,4%; mulheres mais velhas (22-49 anos): 5,5%.
Ghose <i>et al.</i> (2016)	18,4%	Anemia: 41,7%
Weigel <i>et al.</i> (2016)	FI muito leve: 40,0%; FI leve: 41,0%	Anemia: 34,8%

Parker <i>et al</i> (2017)	Em risco de fome: 27,3%; experimentou a fome: 32,1%	Deficiência de Vitamina A: 16- 18 anos: 8,4%; 19-24 anos: 12,6%; 25-29 anos: 11,4%; 30-35 anos:15,5%; Em risco de fome:13,9%; Experimentou a fome:11,1%.
Soofi <i>et al</i> (2017)	FI leve: 28,3%; FI moderada: 20,2%; FI grave: 9,9%	Anemia: 50,4%; Deficiência de Vitamina B12: 52,4%; Deficiência Folato: 50,8%
Jones <i>et al</i> (2017)	73% (FI leve: 43,0%; FI moderada: 18,0%; FI grave:11,0%)	Anemia: 13%
Mastiholi <i>et al.</i> (2018)	FI leve: 10,9%; FI moderada: 11,9%; FI grave: 4,6%	Anemia leve: 15,5% Anemia Moderada: 78,6%
Murillo-Castillo <i>et al</i> (2018)	68% (FI leve:36,0%; FI moderada: 21,0%; FI grave: 11,0%)	NR
Kazemi <i>et al</i> (2020)	67,3%	FS: Anemia: 6,9%; Deficiência de ferro: 10,3% e Deficiência de vitamina D 83,9% FI: Anemia 18,4%; Deficiência de ferro 19%; Deficiência de vitamina D 81%
Pobee <i>et al</i> (2020)	23,16 %	Anemia: 33%; FS: Anemia: 30,1%; Deficiência de ferro:9,6%; Deficiência de Vitamina A: 8,2%; Deficiência de zinco:16,4%; Deficiência de cobre: 15,1%; Deficiência de Vitamina D:11,0%. FI: Anemia: 40,9%; Deficiência de ferro: 18,2%; Deficiência de Vitamina A: 4,6%; Deficiência de zinco:13,6%; Deficiência de cobre: 4,6%; Deficiência de Vitamina D:22,7%.
Lopes <i>et al.</i> (2022)	52,02%	Anemia: 36%

FI = food insecurity; FS = food security

Supplementary. Graphic summary

LOPES, SO; ABRANTES, LCS; AZEVEDO, FM; MORAIS, NS; MORAIS, DC; GONÇALVES, VSS; FONTES, EPF; FRANCESCHINI, SCC; PRIORE, SE.

5.3. Artigo de revisão 3

Estado nutricional de iodo, ferro, selênio e zinco, indicadores utilizados e fatores associados em adultos brasileiros: uma revisão sistemática

Nutritional status of iodine, iron, selenium and zinc, used indicators and associated factors in Brazilian adults: a systematic review

Resumo: São problemas de saúde pública mundiais envolvendo a deficiência de minerais, o iodo, ferro e zinco, e em algumas regiões o selênio. Estudos nacionais que trabalham a temática da deficiência de micronutrientes em diferentes grupos populacionais permite conhecer as prevalências das deficiências e contribuir com a proposição de ações de intervenção. O objetivo deste artigo é avaliar a prevalência do estado nutricional de iodo, ferro, selênio e zinco, indicadores utilizados e fatores associados em estudos com adultos brasileiros. Esta revisão sistemática seguiu as recomendações atualizadas do Protocolo PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*. Foram incluídos 13 trabalhos, realizados com adultos (20 a 59 anos) brasileiros. Para zinco e selênio não foi encontrado estudos que atendiam ao critério. Os estudos incluídos nesta revisão foram publicados entre os anos de 2003 a 2022, sendo realizados nas regiões sudeste, nordeste e sul 77% (n= 10) e os demais com representatividade nacional 25%. Executados na sua maioria com mulheres 67% (n=8) e os demais ambos os sexos. Todos os trabalhos tiveram delineamento transversal, avaliando o estado nutricional de iodo dois materiais e o estado nutricional de ferro onze. A Concentração de Iodo Urinário (CIU) foi o único marcador utilizado para avaliar o estado nutricional de iodo. Já para avaliação do ferro, foram utilizados: Hemoglobina, Ferritina e Saturação de Transferina. Esta revisão sistemática foi submetida para registrada no International Prospective Register of Systematic Reviews. Em síntese, a deficiência de ferro esteve relacionada a cor da pele negra, renda, baixo nível de escolaridade, baixo peso e obesidade, e maiores nas regiões norte e nordeste. Já a deficiência de iodo é maior entre mulheres. A heterogeneidade entre estudos exige que novos trabalhos sejam realizados. Além disso, considerando a importância das intervenções em saúde para contribuir com o pleno desenvolvimento físico e mental da população estes diagnósticos são imprescindíveis.

Palavras-chaves: Deficiências nutricionais, micronutrientes, estado nutricional, iodo, ferro, selênio, zinco, Brasil

Abstract: They are public health problems involving the deficiency of minerals, iodine, iron and zinc, and in some regions selenium. National studies that work on the issue of micronutrient deficiencies in different population groups make it possible to identify the prevalence of deficiencies and contribute to the proposition of intervention actions. The objective of this article is to evaluate the prevalence of the nutritional status of iodine, iron, selenium and zinc, indicators used and associated factors in studies with Brazilian adults. This systematic review follows the recommended recommendations of the PRISMA Protocol - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis. Thirteen works were included, carried out with Brazilian adults (20 to 59 years old). For zinc and

selenium, no studies were found that met the satisfactory. The studies included in this review were published between the years 2003 to 2022, being carried out in the southeast, northeast and south regions 77% (n = 10) and the others with national representation 25%. Performed mostly with women 67% (n=8) and the rest both sexes. All studies had a cross-sectional design, evaluating the nutritional status of two materials and the nutritional status of iron eleven. Urinary Iodine Concentration (UIC) was the only marker used to assess iodine nutritional status. As for iron assessment, the following were used: Hemoglobin, Ferritin and Transferrin Saturation. This systematic review has been retained for registration in the International Prospective Register of Systematic Reviews. In summary, iron deficiency was related to black skin color, income, low level of education, low weight and obesity, and higher in the north and northeast regions. Iodine deficiency is higher among women. The heterogeneity between studies requires that new works be carried out. Furthermore, considering the importance of health interventions to contribute to the full physical and mental development of the population, these diagnoses are essential.

Keywords: Nutritional deficiencies, micronutrients, nutritional status, iodine, iron, selenium, zinc, Brazil

INTRODUÇÃO

São problemas de saúde pública mundiais envolvendo a deficiência de minerais, o iodo, ferro e zinco, caracterizando as Deficiências Globais Generalizadas (DGG) (BAILEY; WEST; BLACK, 2015) e segundo Cozzolino (2013), ainda há outras deficiências como a do selênio em estratos regionais que devem ser considerados. Estima-se, que cerca de 2 bilhões de pessoas em todo o mundo são afetados pelas DGG (BAILEY; WEST; BLACK, 2015). As principais manifestações das deficiências envolvem diminuição da resposta imunológica, problemas mentais e aumento da mortalidade infantil e materna (STEVENS *et al.*, 2022).

O iodo tem sua principal função a formação dos hormônios tireoidianos, tiroxina (T4) e triiodotironina (T3). Quando a necessidade nutricional deste micronutriente não é atingida pode ocorrer comprometimento das funções da tireoide, ocasionando os Distúrbios por Deficiência de Iodo (DDI). Estima-se, que 1,8 bilhão de pessoas tenham ingestão insuficiente de iodo (ANDERSSON; KARUMBUNATHAN; ZIMMERMANN, 2012) e isso repercute na saúde dos indivíduos.

O ferro é um micronutriente que desempenha papel no organismo atuando no desenvolvimento motor e cognitivo. A deficiência de ferro é umas das principais causas

de anemia, afetando em especial, crianças e mulheres em idade reprodutiva. Estão envolvidos no processo de deficiência três fatores: fisiológicos (gestação e puerpério), nutricionais (baixo consumo de alimentos fontes) e patológicos (perdas sanguíneas e diminuição da absorção intestinal) (CANÇADO; CHIATTONE, 2010).

Os dados de avaliação da prevalência de deficiência de ferro em gestantes realizada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (2019) relatam que em 2019, 19,1% das gestantes estavam anêmicas valores maiores do que os encontrados para América Latina 17,24%.

Além das deficiências de iodo e ferro, está a do zinco que atua em especial, na resposta imunológica, inflamatória e no estresse oxidativo (REIS; SILVA; COZZOLINO, 2017). A deficiência de zinco é comum em países em desenvolvimento e também requer intervenções para diminuição das prevalências. Isso porque estima-se, que entre 17,3% a 30,0% da população mundial está em risco de deficiência relacionado ao consumo alimentar de zinco (WESSELLS; BROWN, 2012).

O selênio não é considerado uma Deficiência Global, porém algumas regiões exigem atenção quanto a deficiência deste micronutrientes como relatado por Cozzolino (2013). Este nutriente tem como função ação antioxidante, contribuindo com o metabolismo da tireoide e se associado a processo de deficiência de iodo pode acarretar ainda mais prejuízos a saúde dos indivíduos. Na literatura tem sido relacionado a utilização do selênio na prevenção e tratamento do diabetes tipo 2 e nas doenças cardiovasculares (VOLP *et al.*, 2010; CAVALHEIRO; MANICA; BENVEGNÚ, 2020).

Há nos estudos avaliação de grupos populacionais de risco das deficiências como crianças, mulheres em idade reprodutiva e idosos, porém estudos envolvendo adultos sem restrição quanto a período fértil e características fisiológicas transitórias, como gestação são menos disponíveis. A fase adulta compreendida entre 20 a 59 anos, exige atenção e cuidados em saúde, assim como as demais, uma vez que é deste período que ocorre o aparecimento de muitas doenças crônicas não transmissíveis que condicionará um processo de envelhecimento ativo ou não (MCKAY *et al.*, 2020).

A distribuição destas deficiências nos países deve ser avaliada, através de inquéritos nacionais e regionais, para a proposição de estratégias de intervenção

(DUARTE; MORAIS NETO, 2015; GODSWILL et al., 2020). Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) (1999):

A Análise de Situação de Saúde é um processo analítico-sintético que permite caracterizar, medir e explicar o perfil de saúde-doença de uma população, incluindo os danos ou problemas de saúde, assim como seus determinantes, que facilitam a identificação de necessidades e prioridades em saúde, a identificação de intervenções e de programas apropriados e a avaliação de seu impacto.

Assim sendo, estudos nacionais que trabalham a temática da deficiência de micronutrientes em diferentes grupos populacionais permite conhecer as prevalências das deficiências e contribui com a proposição de ações de intervenção devendo ser incentivados. Nesse sentido, o objetivo deste artigo é avaliar a prevalência do estado nutricional de iodo, ferro, selênio e zinco, indicadores utilizados e fatores associados em estudos com adultos brasileiros.

METODOLOGIA

Esta revisão sistemática seguiu as recomendações atualizadas do Protocolo PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PAGE *et al.*, 2021), norteado pelas perguntas de pesquisa: “Quais as prevalências de deficiência de iodo, ferro, selênio e zinco em estudos populacionais realizados por adultos brasileiros? Quais indicadores bioquímicos são utilizados para avaliar a deficiência? Quais fatores estão relacionados a deficiência?”

Registro da revisão

Esta revisão sistemática foi submetida para registrada no International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) - ID 390791

Crerios de elegibilidade

Foram incluídos nesta revisão, trabalhos realizados com adultos (20 a 59 anos), brasileiros, em estudos populacionais. Não houve restrição de data e idioma.

Foram excluídos estudos de revisão, capítulos de livros, artigos com população adulta com algum estado de alteração fisiológica como gestantes e nutrizes, além de doenças associadas que poderiam ocasionar maior demanda por micronutrientes, a exemplo, estudos realizados com pacientes com câncer, em hemodiálise, malária e HIV/AINDS. Além de, trabalhos que avaliaram outros tipos de anemia.

Busca e seleção dos artigos

O *Peer Review of Electronic Search Strategies (PRESS)* foi utilizado para organização da estratégia de busca (Apêndice 1). A busca foi realizada em quatro bases de dados Pubmed, Web of science, Lilacs e Google Acadêmico, foi utilizando a estratégia de busca, baseada no vocabulário controlado DECs e MESH e utilizando os operadores bolanos: “Iodine Deficiency OR Goiter, Endemic OR Hypothyroidism, Congenital OR Cretinism OR Endemic Cretinism OR Cretinism, Endemic OR Fetal Iodine Deficiency Disorder OR Myxedema, Congenital AND Anemia OR Iron-Deficiency OR Anemia, Iron Deficiency OR Iron-Deficiency Anemia OR Iron Deficiency Anemia OR Iron-Deficiency Anemias OR Iron Deficiency Anemias OR Anemias, Iron-Deficiency OR Anemias, Iron Deficiency OR Selenium OR Selenium-80 OR Selenium 80 OR Zinc deficiency OR Growth Disorders OR Zinc/deficiency”. A busca ocorreu em julho de 2022.

Seleção dos estudos

A seleção foi realizada em pares (SOL e EMM), de forma independente utilizando o Software Rayyan. Foram feitas a leituras de títulos e resumos, em caso de impasse os pesquisadores conversaram e juntas davam o parecer.

Avaliação da qualidade metodológica dos artigos selecionados para revisão sistemática

O risco de viés foi avaliado usando a ferramenta recomendada pelo Instituto Joanna Briggs (INSTITUTO JOANNA BRIGGS, 2017). Este instrumento pontua oito questões considerando: critérios de inclusão, descrição do estudo, medida da exposição, objetivos, fatores de confusão, estratégias utilizadas para lidar com estes fatores de

confusão, medidas dos resultados e adequação estatística (INSTITUTO JOANNA BRIGGS, 2017).

As respostas das questões podem ser: "sim", "não", "pouco claro" ou "não se aplica". As respostas "sim" para os oito itens representam baixo risco de viés. Em caso de alguma questão for respondida com "não" espera-se um alto risco de viés (JOANNA BRIGGS INSTITUTE, 2017) (Apêndice 3). A avaliação do risco de viés não foi critério para exclusão dos artigos.

RESULTADOS

Após a retirada de duplicatas, leitura do título, resumo e na íntegra, foram incluídos 13 artigos, destes realizou-se busca nas referências, porém não foi encontrado artigos que contemplassem os critérios de inclusão (Figura 1).

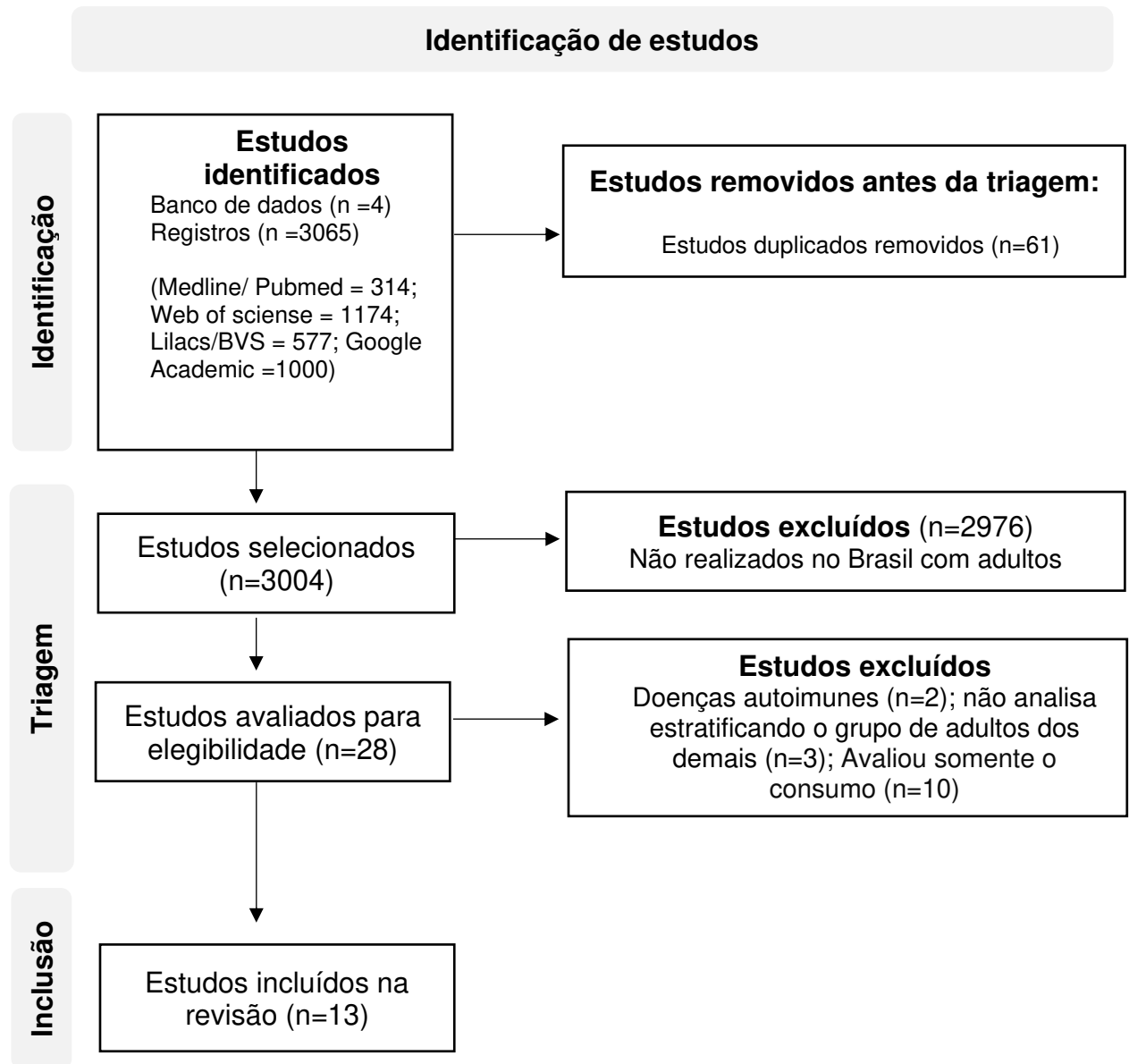


Figura 1. Representação esquemática da metodologia utilizada para a confecção da revisão sistemática (PAGE *et al.*, 2021)

No Quadro 1 é apresentado a caracterização dos estudos segundo referência, ano e local, objetivo, amostra, delineamento, instrumento de avaliação da deficiência do micronutriente, iodo e ferro, prevalências e fatores associados em adultos brasileiros. Para zinco e selênio não foi encontrado estudos que atendiam ao critério de inclusão,

que era ser realizado diagnóstico através de exames bioquímicos na população adulta brasileira.

Os trabalhos foram publicados entre os anos de 2003 (OLINTO *et al.*, 2003) a 2022 (LOPES *et al.*, 2022), sendo realizados nas regiões sudeste 31,0% (n=4) (CARLI *et al.*, 2018; MAULER *et al.*, 2020; SALES *et al.*, 2021; LOPES *et al.*, 2022); nas demais são 23% (n=3) estudos na região nordeste (OLINTO *et al.*, 2003; FABIAN *et al.*, 2007; SILLA *et al.*, 2013), sul (OLINTO *et al.*, 2003; FABIAN *et al.*, 2007; SILLA *et al.*, 2013), e envolvendo diferentes regiões do Brasil (VANNUCCHI; VÍTOLO; JORDÃO JÚNIOR, 2009; MACHADO *et al.*, 2019; BENSENOR *et al.*, 2021). Não foi encontrado estudo realizado somente na região Norte. Os estudos tinham como população avaliadas na sua maioria mulheres 62% (n=8) e os demais ambos os sexos.

Todos os trabalhos tiveram delineamento transversal, avaliando o estado nutricional de iodo dois materiais e o estado nutricional de ferro onze trabalhos. A Concentração de Iodo Urinário (CIU) foi o único marcador utilizado para avaliar o estado nutricional de iodo. Já para avaliação do ferro, foram utilizados: Hemoglobina, Ferritina e Saturação de Transferina. As prevalências das deficiências foram heterogêneas para o iodo e ferro, e pôde-se observar, que entre os artigos que avaliaram o ferro, há discrepâncias nas prevalências segundo agrupamentos etários.

Para avaliação da deficiência de iodo, encontrou-se que havia menores concentrações de CIU em mulheres, indivíduos baixo peso e maior frequência de hipertensos nos grupos de menor CIU. Já o para o ferro, encontrou-se associação em especial, da anemia com cor da pele, em 31,0% (n=4) dos trabalhos (FABIAN *et al.*, 2007; VANNUCCHI; VÍTOLO; JORDÃO JÚNIOR, 2009; SILLA *et al.*, 2013; MACHADO *et al.*, 2019), estando a deficiência de ferro relacionada especial a fatores sociais e econômicos.

Quadro 1. Caracterização de estudos segundo referência, ano e local, objetivo, amostra, delineamento, instrumento de avaliação da deficiência do micronutriente (iodo e ferro), prevalências e fatores associados com adultos brasileiros

REFERÊNCIA / LOCAL	OBJETIVO DO ESTUDO	AMOSTRA (N. SEXO. IDADE DOS ADULTOS)	TIPO DE ESTUDO	INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO	PREVALÊNCIA DA DEFICIÊNCIA	FATORES ASSOCIADOS
Iodo						
Mauler <i>et al.</i> , 2020 Município de pequeno porte – São Paulo	Avaliar o estado nutricional de iodo da população de um município de pequeno porte	336 Ambos os sexos 6 a 89 anos	Transversal	CIU	15,9% ¹	Menores valores de CIU em mulheres e baixo peso
Benseñor <i>et al.</i> , 2021 Belo Horizonte, Porto Alegre, Rio de Janeiro, Salvador, Vitoria São Paulo	Avaliar a concentração urinária de iodo, sódio e status da tireóide em funcionários públicos de 35 a 74 anos no Brasil – ELSA e a relação com variáveis socioeconômicas e fatores de risco	792 Ambos os sexos 35 a 74 anos	Transversal	CIU	35 a 44 anos – 1,78% 45 a 54 anos - 2,68%	Menores valores CIU em mulheres em idade fértil e maior frequência de hipertensos nos grupos de menor CIU
Ferro						
Olinto <i>et al.</i> , 2003 Zona urbana de Pelotas, Rio Grande do Sul	Estudar a prevalência de anemia ferropriva em mulheres de idade reprodutiva	765 Mulheres 20 a 49 anos	Transversal	Hemoglobina	Anêmicos- 21,9% ²	Classe social

	residentes no sul do Brasil					
Fabian <i>et al.</i> , 2007 São Leopoldo, Rio Grande do Sul	Estudar a prevalência de anemia (hemoglobina < 12g/dl) e os fatores associados, foi realizado um estudo transversal de base populacional com uma amostra representativa de 312 mulheres de 20 a 60 anos residentes em São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.	315 Mulheres 20 a 60 anos	Transversal	Hemoglobina (método de cianometahemoglobina)	Anêmicos 19,2% Mulheres em idade reprodutiva (20 a 49 anos) – 21,4% 20 a 29 anos – 22,1% 30 a 39 anos – 14,1% 40 a 49 anos – 26,4% 50 a 60 anos – 10,0%	Anemia associada cor da pele (negra) e idade 50 a 60 anos foi fator de proteção
Vannucchi; Vítolo; Jordão Júnior, 2009 Brasil	Estimar a prevalência de anemia e níveis inadequados de vitamina A em crianças e mulheres e fatores associados	5.698 Mulheres 15 a 49 anos	Transversal	Hemoglobina (cianometahemoglobina HPLC)	Anêmicos- 21,1% ³ 20 a 35 anos – 21,3% 36 a 49 anos- 19,6%	Anemia associada região nordeste e cor da pele (negra)

<p>Miglioli <i>et al.</i>, 2010</p> <p>Pernambuco</p>	<p>Investigar a prevalência de anemia em mães e filhos, no Estado de Pernambuco, e sua associação com fatores biológicos, espaciais, socioeconômicos e condições de acesso aos serviços</p>	<p>1022</p> <p>Mulheres</p>	<p>Transversal</p>	<p>Hemoglobina*</p>	<p>Anêmicos 15,9%⁷</p> <p>20 a 30 anos- 15,4%</p> <p>≥ 30 anos – 16,3%</p>	<p>Anemia associada com renda per capita e inscrição no programa bolsa família</p>
<p>Costa <i>et al.</i>, 2013</p> <p>Pernambuco</p>	<p>Avaliar a prevalência da associação entre anemia e deficiência de vitamina A em mulheres em idade fértil em Pernambuco.</p>	<p>761</p> <p>Mulheres</p> <p>10 a 49 anos</p>	<p>Transversal</p>	<p>Hemoglobina</p>	<p>Anêmicos- 14,4%⁵</p> <p>20 a 34 anos – 13,6%</p> <p>>35 anos – 17,8%</p>	<p>Correlação entre os níveis de hemoglobina e retinol sérico</p>
<p>Silla <i>et al.</i>, 2013</p> <p>Rio Grande do Sul</p>	<p>Detectar a prevalência de anemia em uma população saudável de crianças (18 meses a 7 anos) e mulheres (14 a 30</p>	<p>2072</p> <p>Mulheres</p> <p>14 a 30 anos</p>	<p>Transversal</p>	<p>Hemoglobina*</p>	<p>Anêmicos – 35,6%⁶</p> <p>20 a 24 anos – 34,2%</p> <p>25 a 29 anos – 38,0%</p> <p>≥ 30 anos – 30,8%</p>	<p>Anemia associada a cor da pele (negra)</p>

	anos) testadas em 2006-2007 no estado do Rio Grande do Sul, Brasil,					
Bezerra <i>et al.</i> , 2018 Vitória de Santo Antão, Pernambuco	Determinar a prevalência de anemia e seus fatores associados em mulheres em idade reprodutiva do município de Vitória de Santo Antão, Pernambuco.	322 Mulheres 15 a 49 anos	Transversal	Hemoglobina (método cianometahemoglobina) e Ferritina (ensaio automatizado por quimioluminescência)	Anêmicos- 21,1% ⁴ 20 a 40 anos – 10,8% ≥ 40 anos - 10,2%	Anemia associada a menores de 19 anos e níveis baixos de ferritina
Carli <i>et al.</i> , 2018 São Paulo, São Paulo	Avaliar a associação entre dieta e ferro corporal têm sido propostos, mas poucos estudos exploraram sua validade e utilidade prática em estudos epidemiológicos	127 Mulheres 18 a 42 anos	Transversal	Hemoglobina Ferritina Saturação de transferrina	Anêmicos – 3,1% Deficiência de ferro – 12,6% Transferrina <16% - 11,0%	ND
Machado <i>et al.</i> , 2019 Brasil	Verificar a prevalência de anemia em adultos e idosos brasileiros	8060 Ambos os sexos	Transversal	Hemoglobina***	Anêmicos 18 a 29 anos – 8,1% 30 a 44 anos – 9,3%	Anemia associada mulheres, população de cor de pele negra, baixo nível de

		18 a 101 anos			45 a 59 anos- 8,6%	escolaridade e residentes das regiões Norte e Nordeste
Sales <i>et al.</i> , 2021 São Paulo, São Paulo	Estimar a prevalência de anemia associada ao ferro, considerando fatores sociodemográficos e de estilo de vida em uma amostra representativa de moradores de áreas urbanas da cidade de São Paulo, e avaliar a ingestão de ferro e a principais contribuintes alimentares para a ingestão de ferro	898 Ambos os sexos 12 a 93 anos	Transversal	Hemoglobina Ferritina Saturação de transferrina	Anêmicos 4,0%** Depósito de ferro esgotado sem anemia – 3,9% Depósito de ferro esgotado com anemia – 0,7%	Anemia associada mulheres de todas as idades, adultos mais velhos e aqueles que estavam abaixo do peso ou obesos
Lopes <i>et al.</i> , 2022 Viçosa, Minas Gerais	Avaliar a prevalência de anemia e fatores associados em adultos e idosos residentes na zona rural de um município mineiro	297 Ambos os sexos 20 e 93 anos	Transversal	Hemoglobina	Anêmicos 36,4% ⁸	Anemia associada com insegurança alimentar, não ter moradia própria, ser idoso e menor renda

CIU = Concentração de iodo urinário; TSH = Hormônio tireoestimulante; *Avaliação com auxílio do Hemocue;**Adultos;*** para complementar: volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM) e Red Cell Distribution Width (RDW); ¹Entre os adultos avaliados= 164; ² Sub amostra 137 mulheres ; ³A partir do número de anêmicos entre os adultos foi calculado que 673 mulheres de 3190 adultos avaliados tinham anemia por dosagem de hemoglobina; ⁴ Entre os adultos avaliados=166; ⁵ Entre os adultos avaliados = 693; ⁶Entre os adultos avaliados = 1285; ⁷Entre os adultos avaliados = 868; ⁸Entre os adultos avaliados= 198.

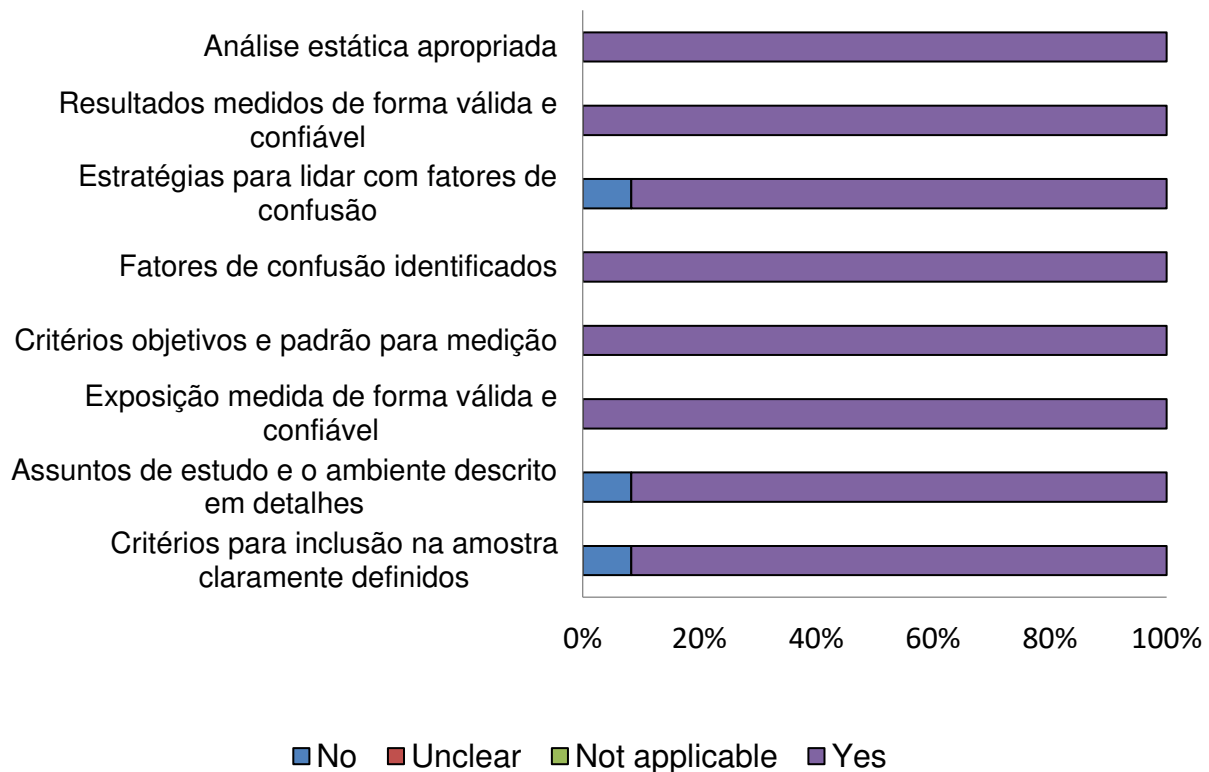


Figura 2. Avaliação do risco de viés segundo ferramenta do Instituto Joanna Briggs (2017).

Segundo a avaliação do risco de viés todos os estudos tiveram análise estatística apropriada, resultados medidos de forma válida, fatores de confusão identificados, critérios para medição e exposição medida de forma válida. 8,3% (n=1) dos estudos não atenderam aos critérios de inclusão claramente definidos, estratégias para lidar com fatores de confusão e ambiente detalhados (Apêndice 2).

DISCUSSÃO

As prevalências foram hetererogêneas entre os estudos incluídos nesta revisão, sendo necessários mais trabalhos para compreender a distribuição destas deficiências na população adulta brasileira. Além disso, não foram encontrados estudos com adultos que avaliassem a deficiência de zinco e selênio com auxílio de avaliações bioquímicas.

Caracteriza-se assim, uma lacuna a ser preenchida, com a organização de diagnósticos populacionais para conhecer a distribuição destas deficiências na população brasileira.

Independente do grupo etário o monitoramento do estado nutricional dos micronutrientes deveria ser uma prática de ações públicas em saúde. Isso porque, programas de fortificação e suplementação tem como eixos de ação este monitoramento, a fim de, realizar constante acompanhamento dos decréscimos ou crescimentos das prevalências de deficiência ou excesso, buscando adaptar ou alterar as estratégias de ação.

As deficiências de micronutrientes, em especial, dos minerais trabalhados nesta revisão, podem contribuir para o aumento dos agravos a saúde, comprometimento do funcionamento adequado do organismo e dos processos de crescimento e desenvolvimento. O zinco, caracteriza-se como um micronutriente importante para o desenvolvimento do cérebro, atuando na síntese de proteínas essenciais para a produção de neurotransmissores e na síntese dos ácidos nucleicos. Já a deficiência de selênio esta associada à doença de Kashin-Beck e de Keshan, desenvolvimento de asma, câncer e doença coronariana (MILLAN ADAME, E. *et al.*, 2012; PEDRAZA *et al.*, 2017; MACEDO *et al.*, 2019).

O selênio tem sido associado também a propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, desempenhando um papel de proteção à saúde óssea e em pacientes com HIV tem contribuído na modulação da inflamação crônica e impactando na morbimortalidade desta população (ORTONA *et al.*, 2008; OSUNA-PADILLA *et al.*, 2020; HUANG *et al.*, 2022). Associado ao zinco este nutriente, contribui com a preservação da massa muscular, fator importante uma vez que, com o passar dos anos pode ocorrer diminuição (HUANG *et al.*, 2022). Além disso, ocasiona menores riscos de distúrbios do sono em adultos, o que favorece o estado de saúde mental, assim como previne distúrbios que podem favorecer processos de adoecimento, como: obesidade, hipertensão arterial, diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares (DENG *et al.*, 2023).

Segundo Pedraza e Sales (2013), a carência de estudos sobre o estado nutricional de zinco, pode estar relacionado a dificuldades na obtenção da amostra, análises e interpretação dos resultados, enfatizando a necessidade de desenvolvimento de técnicas de avaliação que viabilizem a identificação da distribuição da deficiência de zinco,

considerada um problema de saúde pública em países em desenvolvimento, o mesmo se aplica ao selênio.

Faz-se ainda, a importância de monitorar além de, zinco e selênio, o ferro e o iodo. Estes micronutrientes, caracterizados à nível mundial como DGGs. Destacando-se nesta revisão, o número de trabalhos realizados avaliando o estado nutricional de ferro, especialmente em mulheres em idade reprodutiva. Isso deve-se, aos impactos da deficiência de ferro no sistema imunológico e metabólico, podendo estar associado a nascimentos pré-maturos, baixo peso ao nascer, risco de mortalidade materna e fetal (ROCHA; GONTIJO, 2022).

No Brasil, a deficiência de ferro é caracterizada como um problema de saúde pública, que requer atenção e o desenvolvimento de ações profiláticas e educativas, buscando minimizar o adoecimento. O principal público das estratégias brasileiras são crianças, gestantes e lactantes, porém toda a população deve ser monitorada, uma vez que, a anemia por deficiência de ferro tem origem multicausal e acomete toda a população (ANDRÉ *et al.*, 2017; LOPES *et al.*, 2022).

A multicausalidade da anemia envolve fatores, relatados em estudos nacionais e internacionais, como: escolaridade (KAZEMI *et al.*, 2020; WOLDU *et al.*, 2020), situação de insegurança alimentar (KAZEMI *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2022; WOLDU *et al.*, 2020), valores aumentados do índice de massa corporal (WOLDU *et al.*, 2020; SOARES; DA SILVA, 2022), cor da pele (FABIAN *et al.*, 2007; VANNUCCHI; VÍTOLO; JORDÃO JÚNIOR, 2009; SILLA *et al.*, 2013; MACHADO *et al.*, 2019), domicílios chefiados por mulheres (TESHALE *et al.*, 2020), falta de instalações sanitárias (TESHALE *et al.*, 2020), fontes de água (TESHALE *et al.*, 2020), alta paridade (TESHALE *et al.*, 2020), falta de diversidade alimentar (BELACHEW; TEWABE, 2020) e não vermesfugação (BELACHEW; TEWABE, 2020). Estes fatores muito se assemelham aos indicadores diretos e indiretos relacionados a situação de insegurança alimentar e nutricional. Sendo assim, medidas pontuais minimizam o problema da anemia, porém ações estruturantes dentro das políticas públicas, devem ser articuladas, a exemplo, melhoria de níveis educacionais, uma ação efetiva e a longo prazo (MORAIS; LOPES; PRIORE, 2020).

No Brasil, têm-se estratégias para o combate a deficiência de ferro, como: Programa Nacional de Suplementação de Ferro, instituído pela Portaria nº 730, de 13 de

maio de 2005. Este, consiste na suplementação preventiva de ferro para crianças, gestantes, mulheres no pós-parto e pós-aborto (BRASIL, 2013). Além disso, têm-se a Estratégia Amamenta e Alimenta Brasil que tem como ação o estímulo ao aleitamento materno exclusivo até os seis meses e propõe diretrizes para introdução alimentar (BRASIL, 2015); a Estratégia de Fortificação da Alimentação Infantil com Micronutrientes em Pó (NutriSUS), que integra as estratégias do Programa Saúde na Escola (PSE) que oferece no ambiente escolar a distribuição de sachês nas refeições oferecidas pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), estas ações pontuadas para grupos específicos (DIAS *et al.*, 2019). Já uma ação que abarca toda a população é a fortificação obrigatória das farinhas de trigo e milho, com ferro e ácido fólico (BRASIL, 2002), constitui um conjunto de estratégias que objetivam o controle e redução da anemia por deficiência de ferro no País (DIAS *et al.*, 2022).

O iodo também é um micronutriente que se têm utilizado de estratégias de fortificação de alimento, o sal, para o combate a deficiência (BRASIL, 2013), à nível população. Esta ação pontua como uma das estratégias preconizadas pela Política Nacional de Alimentação de Nutrição (PNAN), buscando, a promoção de práticas alimentares adequadas e saudáveis, a vigilância alimentar e nutricional, a prevenção e o cuidado integral dos agravos relacionados à alimentação e nutrição no Brasil (BRASIL, 2013).

O iodo é um micronutriente que participa da formação dos hormônios tireoidianos, triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), e a sua deficiência impacta no metabolismo, no pleno desenvolvimento cerebral dos indivíduos, dentre outros. Segundo a Organização Mundial de Saúde a deficiência de iodo acomete todas as faixas etárias e é considerada como “a causa evitável mais importante de danos cerebrais” (WHO, 2007). Assim como o ferro, os grupos de maior monitoramento, são crianças, mulheres em idade reprodutiva, gestantes, lactantes e nutrízes. Isso deve-se, ao fato de que a deficiência se relaciona a aborto espontâneo, hipotireoidismo neonatal, cretinismo, retardo no crescimento e no desenvolvimento neuropsicomotor (TOLOZA; MOTAHARI; MARAKA, 2020; ANDERSSON; BRAEGGER, 2022; PLOTKIN; LEUNG, 2022), porém pode trazer impactos negativos à toda a população, a exemplo o bócio.

A fonte alimentar mais amplamente distribuída na população brasileira é o sal iodado. Esta estratégia de fortificação permitiu que o Brasil, diminuísse suas prevalências de bócio e os Distúrbios por Deficiência de Iodo (DDIs). Porém, o monitoramento do estado nutricional de iodo também faz parte de uma ação em saúde coletiva, isso porque no País, têm-se o Programa de Combate aos Distúrbios por Deficiência de Iodo no Brasil (Pró- Iodo) (BRASIL, 2008). Este monitoramento deve ser constante, mesmo o Brasil, sendo considerado um país adequado quanto a excreção urinária de iodo. Este indicador é utilizado a nível populacional, através da avaliação da Concentração Urinária de Iodo (CIU) (IODINE GLOBAL NETWORK, 2021).

Nos estudos desta revisão que avaliaram iodo, utilizaram a CIU. Este é um indicador de fácil coleta e traz bons resultados quanto ao estado nutricional de iodo atual, à nível populacional. Já para avaliações individuais não deve ser indicado porque pode ocorrer variações durante o dia e mesmo entre os dias. Segundo Candido *et al.* (2021), não é bem elucidado na literatura quantas repetições de urina são necessárias para tornar os resultados mais precisos quanto se trata de avaliações individuais.

Segundo dados da Pesquisa Nacional para Avaliação do Impacto da Iodação do Sal (PNAISAL), realizado em escolares, apresenta em seus resultados os contrapontos do estado nutricional de iodo, uma vez que no País convivesse com situação de deficiência e excesso deste micronutriente, iodo. Corroborando, com as discussões apresentadas neste artigo, da necessidade de monitoramento do estado nutricional dos micronutrientes independente da faixa etária. Estas ações podem ainda, contribuir a longo prazo, para uma diminuição de demanda em assistência à saúde (SANTOS; CESAR, 2016).

As deficiências nutricionais são uma preocupação à nível mundial e não é diferente no Brasil. Apesar de intensas ações profiláticas, educativas e até modificações ambientais para melhora, os índices continuam altos e requerem atenção, sendo um veículo importante a o monitoramento. Além disso, pode ocorrer sinergismo em processos de deficiência impactados por fatores sociais, econômicos, demográficos e de acesso à saúde, tornando ainda mais complexa a rede de prevenção à estas carências.

A limitação desta revisão baseia-se na escassez de artigos sobre o estado nutricional de zinco e selênio, o que inviabiliza qualquer tentativa de síntese sobre a

magnitude e a etiologia da deficiência desses minerais em adultos brasileiros. Porém os autores mantiveram a abordagem deste minerais no Brasil, uma vez que, o fato de indicar que existe uma lacuna no conhecimento que precisa ser preenchido, onde a carência destas avaliações pode repercutir na falta de intervenção na saúde de adultos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, a deficiência de ferro esteve relacionada a cor da pele negra, renda, baixo nível de escolaridade, baixo peso e obesidade, e maiores nas regiões norte e nordeste. Já a deficiência de iodo é maior entre mulheres. A heterogeneidade entre estudos exige que novos estudos sejam realizados. Além disso, considerando a importância das intervenções em saúde para contribuir com o pleno desenvolvimento físico e mental da população estes diagnósticos são imprescindíveis para a proposição de ações públicas de combate a deficiência destes micronutrientes, sendo necessários estudos com adultos que avaliem o estado nutricional de selênio e zinco com auxílio de exames bioquímicos.

AGRADECIMENTOS: FAPEMIG, CNPq, CAPES, PPGCN/UFV e PPG Agroecologia/UFV

REFERÊNCIAS

ANDERSSON, M.; BRAEGGER, C. P. The role of iodine for thyroid function in lactating women and infants. **Endocrine reviews**, v. 43, n. 3, p. 469-506, 2022.

ANDERSSON, M.; KARUMBUNATHAN, V.; ZIMMERMANN, M. B. Global iodine status in 2011 and trends over the past decade. **The Journal of nutrition**, v. 142, n. 4, p. 744-750, 2012

ANDRÉ, H. P. *et al.* Fatores associados ao estado nutricional de ferro em crianças brasileiras de 4 a 7 anos. **Revista de Nutrição**, v. 30, n. 3, p. 345-355, 2017.

BAILEY, R. L.; WEST JUNIOR, K. P.; BLACK, R. E.. The Epidemiology of Global Micronutrient Deficiencies. **Annals Of Nutrition And Metabolism**, v. 66, n. 2, p. 22-33, 2015.

BELACHEW, A.; TEWABE, T. Under-five anemia and its associated factors with dietary diversity, food security, stunted, and deworming in Ethiopia: systematic review and meta-analysis. **Systematic reviews**, v. 9, n. 1, p. 1-9, 2020.

BENSEÑOR, I. M. *et al.* Incidence of thyroid diseases: Results from the Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil). **Archives of Endocrinology and Metabolism**, 2021.

BEZERRA, A.G. N. *et al.* Anemia e fatores associados em mulheres de idade reprodutiva de um município do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 21, p. e180001, 2018.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução n. 344, de 13 de dezembro de 2002. Regulamento técnico para a fortificação das farinhas de trigo e farinhas de milho com ferro e ácido fólico. Diário Oficial da União.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução n. 23, de 24 de abril de 2013. Dispõe sobre o teor de iodo no sal destinado ao consumo humano e dá outras providências. Diário Oficial da União.

BRASIL, Ministério da Saúde. Estratégia Nacional para Promoção do Aleitamento Materno e Alimentação Complementar Saudável no Sistema Único de Saúde: manual de implementação. Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

BRASIL, Ministério da Saúde. Programa Nacional de Suplementação de Ferro: manual de condutas gerais / Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, p. 27, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Manual Técnico e Operacional do Pró-Iodo: Programa Nacional para a Prevenção e Controle dos Distúrbios por Deficiência de Iodo. Departamento de Atenção Básica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Política Nacional de Alimentação e Nutrição / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

CANÇADO, R.D.; CHIATTONE, C.S. Anemia ferropênica no adulto: causas, diagnóstico e tratamento. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, n. 3, p. 240-246, 2010.

CANDIDO, A. C. *et al.* Análise crítica dos indicadores do estado nutricional de iodo em indivíduos e populações: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, p. 4859-4870, 2021.

CARLI, E. *et al.* Dietary iron bioavailability: agreement between estimation methods and association with serum ferritin concentrations in women of childbearing age. **Nutrients**, v. 10, n. 5, p. 650, 2018.

- CAVALHEIRO, V.; MANICA, D.; BENVEGNÚ, D. M. Caracterização e consumo alimentar de fontes de selênio em pacientes com Diabetes Mellitus tipo 2. *Arch. Health Sci.(Online)*, p. 17-22, 2020.
- COSTA, M. H. *et al.* Coexistence of anemia and vitamin A deficiency in women of childbearing age in the Northeast region of Brazil. **Revista de Nutrição**, v. 26, p. 509-516, 2013
- DENG, M. G. *et al.* Associations of serum zinc, copper, and selenium with sleep disorders in the American adults: Data from NHANES 2011–2016. **Journal of Affective Disorders**, v. 323, p. 378-385, 2023.
- DIAS, P. C. *et al.* Conceptions in dispute in the use of micronutrient supplementation and/or fortification in school programs for prevention of anemia. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 38, 2022.
- DIAS, P. C. *et al.* Desafios da intersetorialidade nas políticas públicas: o dilema entre a suplementação nutricional e a promoção da alimentação saudável em escolas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, p. 1-13, 2019.
- DUARTE, E. C.; MORAIS NETO, O. L. de. Introdução à Análise de Situação de Saúde. In: Brasil. Ministério da Saúde. **Asis - Análise de Situação de Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. p. 12-28
- FABIAN, C. *et al.* Prevalência de anemia e fatores associados em mulheres adultas residentes em São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. 1199-1205, 2007.
- GODSWILL, A. G. *et al.* Health benefits of micronutrients (vitamins and minerals) and their associated deficiency diseases: A systematic review. **International Journal of Food Sciences**, v. 3, n. 1, p. 1-32, 2020.
- HUANG, J. *et al.* Selenium Status and Its Antioxidant Role in Metabolic Diseases. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2022, 2022.
- IODINE GLOBAL NETWORK (IGN). Global scorecard of iodine nutrition in 2021: in the general population based on school-age children (SAC). Disponível em: https://www.ign.org/cm_data/IGN_Global_Scorecard_2021_7_May_2021.pdf. Acesso em: 2 de janeiro de 2023.
- KAZEMI, Ali *et al.* Is Food Insecurity Associated With Iron Deficiency Anemia and Vitamin D Deficiency Among Women of Reproductive Age?. **Topics in Clinical Nutrition**, v. 35, n. 3, p. 240-247, 2020.
- LOPES, S. O. *et al.* Factors Associated with Anemia among Adults and the Elderly Family Farmers. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 12, p. 7371, 2022.

MACEDO, C. N. A. *et al.* A importância dos micronutrientes no desenvolvimento neurocognitivo da gestação a infância. **Revista Uningá**, v. 56, n. 4, p. 145-155, nov. 2019.

MACHADO, Í. E. *et al.* Prevalência de anemia em adultos e idosos brasileiros. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 22, 2019.

MAULER, V. M. *et al.* **Avaliação do estado nutricional de iodo da população de um município de pequeno porte**. 2021. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Nutrição e Metabolismo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2020.

MCKAY, Jenny *et al.* Overweight & obese Australian adults and micronutrient deficiency. **BMC nutrition**, v. 6, n. 1, p. 1-13, 2020.

MENDES, I.J. M. *et al.* Um programa sobre promoção da saúde do adulto para trabalhadores em saúde. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 2, p. 95-108, 1994.

MIGLIOLI, T. C. *et al.* Anemia no binômio mãe-filho no Estado de Pernambuco, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 26, p. 1807-1820, 2010.

MILLAN ADAME, E. *et al.* Deficient selenium status of a healthy adult Spanish population. **Nutr. Hosp.**, Madrid, v. 27, n. 2, p. 524-528, 2012.

MORAIS, D. C.; LOPES, S. O.; PRIORE, S. E. Indicadores de avaliação da Insegurança Alimentar e Nutricional e fatores associados: revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 2687-2700, 2020.

OLINTO, M. T. A. *et al.* Prevalência de anemia em mulheres em idade reprodutiva no sul do Brasil. **Boletim da Saúde**, v. 17, n. 1, p. 135-44, 2003.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Resúmenes metodológicos en epidemiología: análisis de la situación de salud. Boletín Epidemiológico, Washington, Organización Panamericana de la Salud, p. 1-3, 1999.

ORTONA, E. *et al.* Redox state, cell death and autoimmune diseases: a gender perspective. **Autoimmunity Reviews**, v. 7, n. 7, p. 579-584, 2008.

OSUNA-PADILLA, I. A. *et al.* Zinc and selenium indicators and their relation to immunologic and metabolic parameters in male patients with human immunodeficiency virus. **Nutrition**, v. 70, p. 110585, 2020.

PAGE, M. J. *et al.* A declaração PRISMA 2020: uma diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. **Bmj**, v. 372, 2021.

PEDRAZA, D. F. E; SALES, M. C. Avaliação de desempenho das concentrações capilares de zinco como método diagnóstico da deficiência de zinco: um estudo

comparativo com as concentrações séricas de zinco. **Revista de Nutrição**, v. 26, n. 6, pag. 617-624, 2013.

PEDRAZA, D. F. *et al.* Estado nutricional de micronutrientes de crianças segundo características pessoais e das creches. **Caderno Saude Coleta**, v. 24, n.4, p. 468-477, 2017.

PLOTKIN, J. B.; LEUNG, A. M. Iodine Requirements in Pregnancy. In: **Thyroid Diseases in Pregnancy**. Springer, Cham, 2022. p. 31-43.

ROCHA, R. I. R.; GONTIJO, E. E. L. Diagnóstico precoce de deficiência de ferro na gestação e prevenção de anemia. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, p. e523111030988-e523111030988, 2022.

SALES, C. H. *et al.* Prevalence and Factors Associated with Iron Deficiency and Anemia among Residents of Urban Areas of São Paulo, Brazil. **Nutrients**, v. 13, n. 6, p. 1888, 2021.

SANTOS, I. S.; CESAR, J.A. Relatório Técnico da Pesquisa Nacional para Avaliação do Impacto da Iodação do Sal (PNAISAL). Pelotas, 2016. Disponível em: http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/documentos/pnaisal_relatorio_final.pdf. Acesso em: 8 de setembro de 2022.

SILLA, L. M.da R. *et al.* High prevalence of anemia in children and adult women in an urban population in southern Brazil. **PLoS one**, v. 8, n. 7, p. e68805, 2013.

SOARES, I. F.; DA SILVA, D. T. S. Biomarcadores antropométricos e deficiência de ferro em mulheres obesas: uma revisão sistemática. **RBONE-Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 16, n. 101, p. 353-361, 2022.

STEVENS, G. A. *et al.* Deficiências de micronutrientes entre crianças em idade pré-escolar e mulheres em idade reprodutiva em todo o mundo: uma análise combinada de dados individuais de pesquisas representativas da população. **The Lancet Global Health**, v. 10, n. 11, pág. e1590-e1599, 2022.

TESHALE, A. B. *et al.* Anemia and its associated factors among women of reproductive age in eastern Africa: A multilevel mixed-effects generalized linear model. **Plos one**, v. 15, n. 9, p. 1-16, 2020.

TOLOZA, F.J.K.; MOTAHARI, H.; MARAKA, S. Consequences of severe iodine deficiency in pregnancy: evidence in humans. **Frontiers in Endocrinology**, v. 11, p. 409, 2020.

VANNUCCHI, H.; VÍTOLO, M.R.; JORDÃO JÚNIOR, A. A. Micronutrientes. In: BRASIL. **Pesquisa Nacional de Demografia e Saúde da Criança e da Mulheres**. Brasília: Ministério da Saúde, 2009. p. 249-263.

VOLP, A. C. P. *et al.* Selenium antioxidant effects and its link with inflammation and metabolic syndrome. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 581-590, 2010.

WESSELLS, K. R.; BROWN, K.H. Estimating the global prevalence of zinc deficiency: results based on zinc availability in national food supplies and the prevalence of stunting. **PloS one**, v. 7, n. 11, p. 50568, 2012.

WOLDU, B. *et al.* Prevalence and associated factors of anemia among reproductive-aged women in Sayint Adjibar town, Northeast Ethiopia: community-based cross-sectional study. **Anemia**, v. 2020, 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. Assessment of the iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. Geneva: WHO; 2007.

Apêndice 1. Avaliação com a ferramenta Peer Review of Electronic Search Strategies (PRESS)

Peer Review of Electronic Search Strategies

PRESS Guideline — Search Submission & Peer Review Assessment

SEARCH SUBMISSION: THIS SECTION TO BE FILLED IN BY THE SEARCHER

Searcher: Lopes et al.	Email: silvia.lopes.nut@hotmail.com
Date submitted: 01-06-2021	Date requested by: 06-06-2021 [Maximum = 5 working days]

Systematic Review Title:

Prevalência do estado nutricional de iodo, ferro, selênio e zinco, indicadores utilizados e fatores associados, com adultos brasileiros: uma revisão sistemática

This search strategy is...

	My PRIMARY (core) database strategy — First time submitting a strategy for search question and database
X	My PRIMARY (core) strategy — Follow-up review NOT the first time submitting a strategy for search question and database. If this is a response to peer review, itemize the changes made to the review suggestions
	SECONDARY search strategy— First time submitting a strategy for search question and database
	SECONDARY search strategy — NOT the first time submitting a strategy for search question and database. If this is a response to peer review, itemize the changes made to the review suggestions

Database

(i.e., MEDLINE, CINAHL...): [mandatory]

MEDLINE

Interface

(i.e., Ovid, EBSCO...): [mandatory]

PUBMED

Research Question

(Describe the purpose of the search) *[mandatory]*

<p>“Quais as prevalências de deficiência de iodo, ferro, selênio e zinco em estudos populacionais realizados por adultos? Quais indicadores bioquímicos são utilizados para avaliar a deficiência? Quais fatores estão relacionados a deficiência?”</p>

PICO Format

(Outline the PICOs for your question — i.e., Patient, Intervention, Comparison, Outcome, and Study Design — as applicable)

P	Adultos brasileiros
E	Deficiência de micronutrientes iodo, ferro, selênio e zinco
C	
O	

Inclusion Criteria

(List criteria such as age groups, study designs, etc., to be included) *[optional]*

<p>Estudo com adultos (20 a 59 anos); Estudos que investigaram a deficiência de micronutrientes, iodo, ferro, selênio e zinco; Estudos realizados em quaisquer datas ou idiomas; Estudos realizados com brasileiros</p>
--

Exclusion Criteria

(List criteria such as study designs, date limits, etc., to be excluded) *[optional]*

<ul style="list-style-type: none"> - Estudos de revisão, cartas aos editores, análises qualitativas, estudos de caso ou capítulos de livros; - Artigos com população adulta com alguma doença associada que poderia ocasionar maior demanda por micronutrientes, a exemplo, estudos realizados com pacientes com câncer, em hemodiálise, malária e outros, e/ou situação transitória como a gestação e nutrízes. Além de, trabalhos que avaliaram outros tipos de anemia.

Was a search filter applied?

Yes

No

	(Fetal Iodine Deficiency Disorder)) OR (Myxedema, Congenital)) OR (Malnutrition)) OR (Nutritional Deficiency)) OR (Nutritional Deficiencies)) OR (Undernutrition)) OR (Malnourishment)) OR (Malnourishments))) AND (brazil)	
--	---	--

PEER REVIEW ASSESSMENT: THIS SECTION TO BE FILLED IN BY THE REVIEWER

Reviewer: Ana Claudia Morais Godoy Figueiredo	Email: aninha_m_godoy@hotmail.com	Date completed: 19.08.2021
1. TRANSLATION		
	A. No revisions	<input checked="" type="checkbox"/>
	B. Revision(s) suggested	<input type="checkbox"/>
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>

If "B" or "C," please provide an explanation or example:

2. BOOLEAN AND PROXIMITY OPERATORS		
	A. No revisions	<input checked="" type="checkbox"/>
	B. Revision(s) suggested	<input type="checkbox"/>
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>

If "B" or "C," please provide an explanation or example:

3. SUBJECT HEADINGS		
	A. No revisions	<input type="checkbox"/>
	B. Revision(s) suggested	<input checked="" type="checkbox"/>
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>

If "B" or "C," please provide an explanation or example:

Sugiro que sejam avaliados os seguintes termos:

- 1) Incluir o termo Middle Aged e termo similar (Middle Age) para população do PECOS uma vez que inclui adultos com idade inferior a 45 anos. Os estudos com idosos serão excluídos na fase da leitura de títulos e resumos;
- 2) Incluir o termo Famine para o outcome do PECOS.
- 3) Incluir termo Zinc para o outcome do PECOS.
- 4) Incluir termos MESH Similares de Growth Disorders:
Disorder, Growth
Growth Disorder
Stunting
Stuntings
Stunted Growth

Growth, Stunted
5) Sugiro retirar o termo Milk, Human/chemistry – não é um aplicável para busca.
6) Retirar os seguintes descritores que são voltados para população infantil: Hypothyroidism, Congenital Cretinism Endemic Cretinism Cretinism, Endemic Fetal Iodine Deficiency Disorder Myxedema, Congenital
7) Incluir o termo Iodine e similares (Iodine-127; Iodine 127).

4. TEXT WORD SEARCHING

	A. No revisions	<input checked="" type="checkbox"/>	
	B. Revision(s) suggested	<input type="checkbox"/>	
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>	

If “B” or “C,” please provide an explanation or example:

--

5. SPELLING, SYNTAX, AND LINE NUMBERS

	A. No revisions	<input checked="" type="checkbox"/>	
	B. Revision(s) suggested	<input type="checkbox"/>	
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>	

If “B” or “C,” please provide an explanation or example:

--

6. LIMITS AND FILTERS

	A. No revisions	<input type="checkbox"/>	
	B. Revision(s) suggested	<input checked="" type="checkbox"/>	
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>	

If “B” or “C,” please provide an explanation or example:

7. OVERALL EVALUATION (Note: If one or more “revision required” is noted above, the response below must be “revisions required”.)

	A. No revisions	<input type="checkbox"/>	
	B. Revision(s) suggested	<input checked="" type="checkbox"/>	
	C. Revision(s) required	<input type="checkbox"/>	

Additional comments:

Apêndice 2. Risk of bias for each individual study assessed by Joanna Briggs Institute critical appraisal checklist for prevalence studies

Autor/ano	Critério							
	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*
Mauler et al., 2020	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y
Benseñnor et al., 2021	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Olinto et al., 2003	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Fabian et al., 2007	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Miglioli et al., 2010	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Costa et al., 2013	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Silla et al., 2013	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Bezerra et al., 2018	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Carli et al., 2018	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Machado et al., 2019	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Sales et al., 2021	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Lopes et al., 2022	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
TOTAL	12	12	13	13	13	12	13	13

Y = Yes, N = No, U = Unclear, NA = Not applicable; 1* Criteria for inclusion in the sample clearly defined; 2* Study subjects and the setting described in detail; 3* Exposure measured in a valid and reliable way; 4* Objective and standard criteria for measurement; 5* Confounding factors identified; 6* Strategies to deal with confounding factors; 7* Outcomes measured in a valid and reliable way e 8* Appropriate statistical analysis.

5.4. Artigo original 1

Prevalência e fatores associados ao estado nutricional de iodo de agricultores familiares

Prevalence and factors associated with the iodine nutritional status of family farmers

Resumo: O funcionamento da tireoide é dependente do consumo adequado de iodo que participa da formação dos hormônios tireoidianos, triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), importantes para o processo metabólico. Este trabalho teve por objetivo avaliar a prevalência e os fatores associados ao estado nutricional de iodo de agricultores familiares. O estudo obteve aprovação ética para sua execução, parecer número 2.496.986. Foram sorteados 306 agricultores e agricultoras familiares, de 8 cidades participantes, segundo proporcionalidade amostral. Foram realizadas com o uso de questionários semiestruturados, no auxílio de ligação telefônica a coleta de informações socioeconômicas, demográficas, de estilo de vida, condições de saúde e consumo alimentar. Foi agendada visita domiciliar para a coleta das amostras de urina e de alimentos. Para determinação da prevalência de deficiência leve, moderada e grave, utilizou-se a Concentração de Iodo Urinário (CIU) categorizada em ingestão insuficiente $\leq 99,0 \mu\text{g/L}$, adequada entre 100 a 199 $\mu\text{g/L}$, mais que adequada entre 200 a 299 $\mu\text{g/L}$ e excessiva $\geq 300 \mu\text{g/L}$. A avaliação química de sal de consumo domiciliar foi analisado pela técnica de liberação de iodo através do iodato de potássio (KIO₃) em meio ácido e na presença de iodeto de potássio (KI), reagindo liberando iodo, que foi imediatamente titulado com tiosulfato de sódio, utilizando como indicador da solução o amido. O conteúdo de iodo no tempero foi realizado em triplicata, por espectrofotometria. Para análise do conteúdo de iodo na água foi realizada utilizando a técnica utilizada para determinação do conteúdo de iodo foi pelo Método Espectrofotométrico “Leuco Cristal Violeta”. As análises estatísticas foram realizadas no software SPSS versão 20.0. O conjunto mínimo de possíveis fatores associados, assim como viés de confusão e seleção foram determinadas pelo Directed Acyclic Graph (DAG) no programa DAGitty® versão 3.0. Realizou-se regressão logística para avaliar a associação entre variáveis preditoras e a estado nutricional de iodo. Apresentaram ingestão insuficiente 18.9% (n=58) dos agricultores e inadequada pelo excesso 49.4% (n= 151). Observou-se que os indivíduos que utilizavam tempero industrializado (OR= 1,815; IC95:1,060–3,109) e que tinham hipercolesterolemia (OR= 4,830; IC95:1,596–14,623) apresentaram maior chance de ingestão excessiva de iodo. Os agricultores que faziam uso de tempero caseiro apresentaram maior chance de CIU insuficiente (OR=2,710; IC95: 1,221 – 6,015). Conclui-se que, há uma complexidade no processo de avaliação do estado nutricional de iodo e possíveis fatores associados exigindo constante monitoramento do impacto da iodação do sal na saúde da população, assim como o desenvolvimento de ações de educação alimentar e nutricional.

Palavras-chaves: Iodo, Distúrbios por Deficiência de Iodo, Excesso de iodo, Rural, Agricultura familiar

Abstract: Thyroid functioning is dependent on adequate iodine consumption, which participates in the formation of thyroid hormones, triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4), which are important for the metabolic process. This study aimed to evaluate the prevalence and factors associated with the nutritional status of iodine in family farmers. The study obtained ethical approval for its execution, opinion number 2,496,986. 306 male and female farmers were randomly selected from 8 participating cities, according to sample proportionality. Socioeconomic, demographic, lifestyle, health conditions and food consumption information were collected using semi-structured questionnaires using a telephone call. A home visit was scheduled for the collection of urine and food samples. To determine the prevalence of mild, moderate and severe deficiency, the Urinary Iodine Concentration (UIC) was used, categorized as insufficient intake $\leq 99.0 \mu\text{g/L}$, suitable between 100 and $199 \mu\text{g/L}$, more than adequate between 200 and $299 \mu\text{g/L}$ and excessive $\geq 300 \mu\text{g/L}$. The chemical evaluation of salt consumed at home was analyzed using the technique of releasing iodine through potassium iodate (KIO₃) in an acid medium and in the presence of potassium iodide (KI), reacting to release iodine, which was immediately titrated with sodium thiosulphate, using starch as an indicator of the solution. The iodine content in the seasoning was performed in triplicate by spectrophotometry. The analysis of the iodine content in the water was carried out using the technique used to determine the iodine content by the Spectrophotometric Method "Leuco Cristal Violeta". Statistical analyzes were performed using SPSS version 20.0 software. The minimum set of possible associated factors, as well as confounding and selection bias, were determined by the Directed Acyclic Graph (DAG) in the DAGitty® program version 3.0. Logistic regression was performed to assess the association between predictive variables and iodine nutritional status. 18.9% (n=58) of farmers had insufficient intake and 49.4% (n=151) had inadequate intake due to excess. It was observed that individuals who used industrialized seasoning (OR= 1.815; 95CI: 1.060 – 3.109) and who had hypercholesterolemia (OR= 4.830; 95CI: 1.596 – 14.623) had a greater chance of excessive iodine intake. homemade seasoning showed a greater chance of insufficient IUC (OR=2.710; 95CI: 1.221 – 6.015). It is concluded that there is a complexity in the process of assessing the nutritional status of iodine and possible associated factors, requiring constant monitoring of the impact of iodine iodine. salt in the health of the population, as well as the development of food and nutrition education actions.

Keywords: Iodine, Iodine Deficiency Disorders, Iodine Excess, Rural, Family Farming

1. Introdução

O iodo é um micronutriente constituinte dos hormônios tireoidianos, triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), importantes para o funcionamento adequado da

tireoide. Este micronutriente é encontrado em pequenas quantidades nos alimentos e sua concentração pode ser influenciada por fatores ambientais. São considerados alimentos fontes deste micronutrientes, ostras, moluscos, mariscos e peixes de água salgada (KRELA-KAŻMIERCZAK *et al.*, 2021).

A deficiência de iodo pode acometer todas as faixas etárias, sendo caracterizado como um problema de saúde pública global, tendo como grupos onde ocorre seu maior monitoramento gestantes, nutrizes e lactentes devido a desfechos como aborto e danos cerebrais. Porém, outros grupos também devem ser avaliados uma vez que, podem acarretar problemas no funcionamento do organismo e de forma direta afetar as condições de saúde dos indivíduos (BATH *et al.*, 2013).

Além de fatores relacionados ao consumo alimentar, como utilização ou não de sal iodado, temperos caseiros e industrializados são também associados ao estado nutricional de iodo características socioeconômicas e demográficas, uma vez que determinantes como renda, escolaridade, condições de moradia podem influenciar de forma indireta o estado nutricional de iodo, assim como hábitos e estilo de vida, a exemplo o tabagismo (CANDIDO *et al.*, 2021; MATHIAPARANAM *et al.*, 2022).

A Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) aprovou o período de 2016 a 2025 como a Década da Ação pela Nutrição. Esta ação trouxe à tona a importância da criação de iniciativas e esforços entre as nações para a erradicação da fome e também para intervenções para a prevenção de deficiência de micronutrientes. Isso porque, este processo pode somar ainda mais desigualdades entre os povos (PEDRAZA *et al.*, 2020).

São poucos os estudos que abordam quais os fatores estão associados ao estado nutricional de iodo em adultos e quando se trata de população rural são ainda mais escassos na literatura. Assim sendo, este trabalho teve por objetivo avaliar a prevalência e os fatores associados ao estado nutricional de iodo em agricultores familiares.

2. Metodologia

2.1. População do estudo

Trata-se de um estudo transversal realizado com adultos agricultores familiares da Região Geográfica de Viçosa, Minas Gerais – Brasil. Foi realizado um cálculo amostral no programa OpenEpi®, através da equação: $(n=[EDFF*Np(1-p)]/[(d2/Z21-$

$\alpha/2*(N-1)+p*(1-p)] + 10\%$. Considerando o tamanho da população (n), o total da população rural (2010a) (n=31090); a prevalência (p) de deficiência de iodo de 14,1% em escolares rurais, já que não existem dados nacionais para adultos, erro tolerável (d) de 5%; nível de confiança de 95%; escore padrão de distribuição normal (Z) de 1,96, efeito do desenho do estudo (EDFF) de 1,5 para amostras aleatórias da zona rural (HIRSCHMANN; GOMES; GONÇALVES, 2018) somados 10% para desistência, dados incompletos e controle de fatores de confusão, totalizando 306 adultos sorteados para avaliação.

Realizou-se a distribuição amostral dos 306 adultos entre os 8 municípios participantes considerando, proporção de indivíduos residentes da zona rural e extratificação por sexo.

2.2. Aprovação ética

Este estudo obteve aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa com parecer número 2.496.986. A participação deu-se de forma voluntária mediante confirmação de autorização posterior a leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

2.3. Caracterização socioeconômica e demográfica

Para a caracterização socioeconômica e demográfica realizou-se coletas, via telefone com auxílio de questionário semiestruturado as seguintes questões: sexo, idade, cor/raça autodeclarada, escolaridade, número de moradores, renda total (posteriormente calculado a renda *per capita*), moradia própria, tratamento de esgoto e destino do lixo.

2.4. Caracterização do estilo de vida, condições de saúde e consumo alimentar

Através da aplicação do questionário semiestruturado foram coletadas informações referentes ao estilo de vida e condições de saúde como: uso frequente de cigarro, bebida alcoólica, utilização de agrotóxico, histórico de doenças autorrelatadas (hipertensão arterial, diabetes e hipercolesterolemia), histórico familiar de alterações no metabolismo da tireoide (hipertireoidismo e hipotireoidismo),

utilização de sal iodado, tempero caseiro e tempero industrializado. Foi questionado ainda a quantidade disponível de sal por mês e o consumo hídrico. Além disso, calculou-se o Índice de Massa Corporal (IMC), com informações de peso e altura autorrelatados e classificados segundo eutrófico ($\geq 18,5$ kg/m² a $\leq 24,9$ kg/m²), baixo peso ($< 18,5$ kg/m²), sobrepeso ($\geq 25,0$ kg/m² a $< 30,0$ kg/m²) e obesidade (≥ 30 kg/m²) (WHO, 1995).

2.5. Avaliação bioquímica

Os pesquisadores foram até o domicílio dos agricultores familiares para a coleta em média 50 mL de amostra de urina casual, armazenada em frasco estéril. As amostras foram transportadas em caixa de polietileno em temperatura média de 16° C. Posteriormente, foram registradas e enviadas para análise em laboratório contratado.

A determinação de iodo foi realizada utilizando um espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) modelo Elan DRC II (Perkin-Elmer, Norwalk, CT). Foi também utilizado um nebulizador concêntrico do tipo Meinhard (Spectron/Glass Expansion, Ventura, CA, USA) e câmara de nebulização do tipo ciclônica. A uma radiofrequência (RF) selecionada de 1100 watts no modo pulso. Os dados foram obtidos usando 20 varreduras de leitura (sweeps/reading) e três replicatas. A vazão de gás no nebulizador foi otimizada diariamente e a bomba peristáltica operando em uma rotação de 20 rpm. Os resultados foram obtidos em contagens por segundo.

Os reagentes utilizados foram solução estoque multielementar contendo 1000 mgL⁻¹ de iodo. As soluções e amostras foram preparadas e manipuladas em sala limpa. Para as análises foi utilizado o método proposto por Marcus *et al.* (2008) com algumas modificações, sendo 500 µL de cada amostra de urina diluída com 9 mL de solução contendo TMAH 1% (v/v) + 0,01% Triton X-100. As curvas de calibração foram preparadas em meio de urina base de origem bovina. As amostras diluídas e as soluções de calibração foram diretamente injetadas no ICP-MS.

Para determinação da prevalência de deficiência leve, moderada e grave, assim com a prevalência de ingestão inadequada, mais que adequada e excessiva foram utilizados os pontos de corte estabelecidos pela World Health Organization

(WHO, 2007). Assim, segundo a Concentração de Iodo Urinário (CIU) os adultos foram categorizados em ingestão insuficiente $\leq 99,0 \mu\text{g/L}$, adequado entre 100 a 199 $\mu\text{g/L}$, mais que adequada entre 200 a 299 $\mu\text{g/L}$ e excessiva $\geq 300 \mu\text{g/L}$ (WHO, 2013).

2.6. Avaliação química de sal, tempero e água

Foi solicitado ao agricultor e agricultora familiar participante em visita domiciliar a entrega, caso desejassem e utilizassem, de amostras de 50 g de sal, 25 g de tempero e 500 mL de água da torneira. As avaliações químicas do sal, tempero e água foram realizadas no Laboratório de Química de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa.

As amostras foram coletadas em frascos esteréis de plástico, transportadas em caixa de isopor com tampa e separada por item coletado em temperatura ambiente. Posteriormente, foram catalogadas e armazenadas em a -20°C até o momento das análises.

O sal de consumo domiciliar coletado foi analisado pela técnica de liberação de iodo através do iodato de potássio (KIO_3) em meio ácido e na presença de iodeto de potássio (KI), reage liberando iodo, que foi imediatamente titulado com tiosulfato de sódio, utilizando como indicador da solução o amido. O teor de iodo foi calculado baseado na disponibilidade *per capita* dia de sal.

Para análise do conteúdo de iodo no tempero foi realizado em triplicata, por espectrofotometria utilizando-se o método proposto por Moxon e Dixon (1980) com adaptações de Perring, *et. al.* (2001). Esta técnica baseia-se na determinação colorimétrica do iodo por meio de seu papel catalítico na destruição de um complexo férrico-tiocianato pelo íon nitrito catalisado pelo iodeto acompanhado do decréscimo na sua coloração avermelhada, com medição das absorvâncias a 454 nm, em espectrofotômetro. A quantificação do conteúdo de iodo presente nas amostras foi determinada por meio de comparação com uma curva de calibração construída a cada dia de análise. Os resultados foram expressos em $\mu\text{g}/100\text{g}$.

A análise do conteúdo de iodo na água foi realizada coletando amostras, desprezando o primeiro jato. A técnica utilizada para determinação do conteúdo de iodo foi pelo Método Espectrofotométrico “Leuco Cristal Violeta” (MAYER *et al.*, 2022). O teor de iodo na água foi calculado com base no consumo relatado *per capita* dia.

A regressão logística binária foi realizada para avaliar a associação entre o variáveis preditoras e a estado nutricional de iodo. As variáveis que apresentaram $p < 0,20$ nas análises bivariadas e que também estavam presentes no DAG como variáveis preditoras foram incluídas nos modelos múltiplos, para estimar as razões de chance e intervalos de confiança de 95%. O teste de correlação de *Spearman* foi aplicado para avaliar a correlação entre a CIU e variáveis numéricas, como a concentração de iodo na água de consumo, sal e tempero. Utilizou-se o teste de Mann-Whitney para avaliar se existia diferença na CIU segundo sexo e *Kruskall-Wallis* para avaliar se havia diferença na concentração de iodo na água ingerida, sal e temperos, segundo classificação de CIU, insuficiente, adequado, mais que adequado e excessivo. Para todas as análises, considerou-se como nível de significância estatística $\alpha = 5\%$.

3. Resultados

Participaram do estudo 306 agricultores familiares, com média de idade de $43,56 \pm 9,14$ anos, com predomínio do sexo masculino 52,0% ($n=159$), e 60,8% ($n=186$) não brancos, sendo que 10,5% ($n=32$) se autodeclararam pretos e 50,3% ($n=154$) pardos. A mediana de escolaridade foi de 7 anos de estudos (mínimo=0 e máximo=15) e a renda per capita foi de 516,70 reais (mínimo=60,00 reais e máximo=12000,00 reais). Estavam com excesso de peso 51,9% ($n=159$) sendo 34,9% ($n=107$) sobrepeso e 17,0% ($n=52$) com obesidade (Tabela 1).

Apresentaram ingestão de iodo adequada 31,7% ($n=97$) dos avaliados; os demais ingestão insuficiente 18,9% ($n=58$), deste eram 5,9% ($n=18$) deficiência moderada e 13,0% ($n=40$) deficiência leve. A ingestão inadequada pelo excesso esteve presente em 49,4% ($n= 151$) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização socioeconômica, demográfica, utilização de agrotóxico, estilo de vida, histórico familiar de alteração de tireoide, estado nutricional pelo Índice de Massa Corporal (IMC), condições de saúde e consumo alimentar e avaliação do estado nutricional de iodo pela Concentração de Iodo Urinário (CIU) de adultos agricultores familiares, Região Geográfica Imediata de Viçosa, 2022.

Variáveis	Total (n=306)	
	n	%
Idade¹		
≤ 43,6 anos	140	45,8
> 43,6 anos	166	54,2
Sexo		
Feminino	147	47,7
Masculino	159	52,3
Cor/raça		
Branca	120	39,2
Preto/Pardo	186	60,8
Escolaridade²		
≤ 7 anos	162	52,9
> 7 anos	144	47,1
Renda <i>per capita</i> (R\$)³		
≤ 516,7	153	50,0
> 516,7	153	50,0
Tratamento do esgoto		
Sim	16	5,2
Não	290	94,8
Origem da água		
Rede pública	8	2,6
Nascente/poço	298	97,4
Destino do lixo		
Coletado	213	69,6
Queimado/enterrado	93	30,4
Utilização de agrotóxico		
Sim	138	45,1
Não	168	54,9
Uso de bebida alcoólica		
Sim	164	53,6
Não	142	46,4
Uso de cigarro		
Sim	80	26,1
Não	226	73,9
Histórico familiar de alteração da tireoide⁴		
Sim	54	17,6
Não	252	82,4
Estado nutricional		
Baixo peso	3	1,0
Eutrofia	144	47,1
Excesso de peso ⁵	159	51,9
Hipertensão		
Sim	62	20,3
Não	244	79,7
Diabetes		
Sim	12	3,9

Não	294	96,1
Hipercolesterolemia		
Sim	37	12,1
Não	269	87,9
Utilização de sal iodado		
Sim	294	96,1
Não	12	3,9
Utilização de tempero caseiro		
Sim	225	73,5
Não	81	26,5
Utilização de tempero industrializado		
Sim	126	41,2
Não	180	58,8
Concentração de Iodo Urinário⁶		
Insuficiente	58	18,9
Adequado	97	31,7
Mais que adequado	66	21,6
Excessivo	85	27,8

¹Média de idade; ²Mediana de escolaridade; ³ Mediana de renda; ⁴ Histórico familiar de alteração na tireoide, podendo ser hipertireoidismo ou hipotireoidismo; ⁵Excesso de peso= sobrepeso + obesidade; ⁶ Ingestão de iodo pela Concentração de Iodo Urinário

Neste estudo, 20,3% (n=62) dos agricultores relataram ser hipertensos, porém destes 53,2% (n=33) apresentaram inadequação do CIU pelo excesso. No grupo com excesso de peso há maior prevalência, 47,8% (n=76) foi de apresentar CIU excessiva (Tabela 2).

Tabela 2. Associação bivariada da Concentração de Iodo Urinário (CIU), condições socioeconômicas, demográfica, utilização de agrotóxico, estilo de vida, histórico familiar de alteração de tireoide, estado nutricional pelo Índice de Massa Corporal (IMC), condições de saúde e consumo alimentar de adultos agricultores familiares, Região Geográfica Imediata de Viçosa, 2022.

Variáveis	CIU										OR IC 95%	p Value		
	Adequada (n=97)		Inadequado pelo excesso (n=151)		OR IC 95%	p Value	Adequada (n=97)		Insuficiente (n=58)				OR IC 95%	p Value
	n	%	n	%			n	%	n	%				
Idade¹														
≤ 43,6 anos	52	53,6	64	42,4	1,571		45	46,4	34	58,6	0,611			
> 43,6 anos	45	46,4	87	57,6	0,940 – 2,624	0,084	52	53,6	24	41,4	0,317 – 1,179	0,141		
Sexo														
Feminino	48	49,5	65	43,0	1,296		48	49,5	33	56,9	0,742			
Masculino	49	50,5	86	57,0	0,777 – 2,163	0,320	49	50,5	25	43,1	0,386 – 1,428	0,371		
Cor/raça														
Branca	37	38,1	64	42,4	0,838		37	38,1	19	32,8	1,266			
Preto/Pardo	60	61,9	87	57,6	0,498 – 1,412	0,507	60	61,9	39	67,2	0,368 – 2,510	0,499		
Escolaridade²														
≤ 7 anos	46	47,4	73	48,4	0,964		46	47,4	25	43,1	1,191	0,601		
> 7 anos	51	52,6	78	51,6	0,578 – 1,606	0,887	51	52,6	33	58,9	0,619 – 2,292			
Renda per capita (R\$)³														
> 516,7	50	51,5	76	50,3	1,050		50	51,5	27	46,6	1,221			
≤ 516,7	47	48,5	75	49,7	0,630 – 1,749	0,852	47	48,5	31	53,4	0,637 – 2,344	0,547		
Tratamento do esgoto														
Sim	5	5,2	8	5,3	0,971		5	5,2	3	5,2	0,996			
Não	92	94,8	143	94,7	0,308 – 3,061	0,961	92	94,8	55	94,8	0,229 – 4,333	0,996		
Destino do lixo														
Coletado	69	71,1	102	67,5	1,184		69	71,1	42	72,4	0,939			
Outro ⁵	28	28,9	49	32,5	0,679 – 2,064	0,552	28	28,9	16	27,6	0,455 – 1,937	0,864		
Utilização de agrotóxico														
Não	54	55,7	77	51,0	1,207		54	55,7	37	63,8	0,713			
Sim	43	44,3	74	49,0	0,723 – 2,014	0,472	43	44,3	21	36,2	0,365 – 1,391	0,320		
Faz uso de bebida alcoólica														
Não	51	52,6	66	43,7	1,428	0,172	51	52,6	25	43,1	1,463	0,254		

Sim	46	47.4	85	56.3	0.856 – 2.383		46	47.4	33	56.9	0.760 – 2.817	
Faz uso de cigarro												
Não	72	74.2	113	74.8	0.968		72	74.2	41	70.7	1.194	
Sim	25	25.8	38	25.2	0.540 – 1.738	0.915	25	25.8	17	29.3	0.578 – 2.467	0.632
Histórico familiar⁶												
Não	82	84.5	124	82.1	1.190	0.620	82	84.5	46	79.3	1.426	0.406
Sim	15	15.5	27	17.9	0.597 – 2.373		15	15.5	12	20.7	0.615 – 3.305	
Excesso de peso⁷												
Não	48	49.5	75	49.7	0.993	0.977	48	49.5	24	41.4	1.388	0.328
Sim	49	50.5	76	50.3	0.596 – 1.653		49	50.5	34	58.6	0.720 – 2.677	
Hipertensão												
Ausente	80	82.5	118	78.1	1.316	0.407	80	82.5	46	79.3	1.228	0.625
Presente	17	17.5	33	21.9	0.687- 2.522		17	17.5	12	20.7	0.539 – 2.796	
Diabetes												
Ausente	93	95.9	145	96.0	0.962	0.953	93	95.9	56	96.6	0.830	0.599
Presente	4	4.1	6	4.0	0.264 – 3.501		4	4.1	2	3.4	0.147 – 4.681	
Hipercolesterolemia												
Ausente	93	95.9	128	84.8	4.178	0.006	93	95.9	48	82.8	4.844	0.008
Presente	4	4.1	23	15.2	1.398 – 12.486		4	4.1	10	17.2	1.443 – 16.255	
Utilização de sal iodado												
Sim	94	96.9	145	96.0	1.297	0.717	94	96.9	55	94.8	1.709	0.401
Não	3	3.1	6	4.0	0.317 – 5.311		3	3.1	3	5.2	0.333 – 8.763	
Utilização de tempero caseiro												
Não	35	36.1	36	23.8	1.803	0.037	35	36.1	10	17.2	2.710	0.012
Sim	62	63.9	115	76.2	1.032 – 3.152		62	63.9	48	82.8	1.221 – 6.015	
Utilização de tempero industrializado												
Não	63	64.9	81	53.6	1.601	0.078	63	64.9	36	62.1	1.132	0.718
Sim	34	35.1	70	46.4	0.947 – 2.709		34	35.1	22	37.9	0.577 – 2.223	

¹Média de idade; ²Mediana de escolaridade; ³ Mediana de renda; ⁴ Outro= Nascente e poço; ⁵Queimado e enterrado; ⁶ Histórico familiar de alteração na tireoide, podendo ser hipertireoidismo ou hipotireoidismo; ⁷Excesso de peso= sobrepeso + obesidade; CIU = Concentração de Iodo Urinário

Os resultados da análise de regressão logística binária múltipla mostraram que os indivíduos com hipercolesterolemia e que faziam uso de tempero industrializado tiveram maior chance de ingestão de iodo excessiva. Ademais, indivíduos que faziam uso de tempero caseiro apresentaram maior chance de ingestão de iodo insuficiente (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados da regressão logística avaliando a associação de inadequação pelo excesso e insuficiência na ingestão de iodo pela concentração urinária de iodo (CIU), hipercolesterolemia, utilização de tempero caseiro e industrializado de adultos agricultores familiares, Região Geográfica Imediata de Viçosa, 2022.

Variável	OR	IC 95%	p Valor
Inadequação pelo excesso na ingestão de iodo			
Hipercolesterolemia	4,830	1,596 – 14,623	0,005
Tempero industrializado	1,815	1,060 – 3,109	0,030
Insuficiência na ingestão de iodo			
Tempero caseiro	2,710	1,221 – 6,015	0,014

OR = Odds Ratio; IC: Intervalo de Confiança

Foram analisadas 300 amostras de sal, 225 amostras de tempero caseiro e 306 amostras de água.

Não houve diferença na CIU segundo sexo ($p=0,072$). Assim também, não houve diferença entre os grupos insuficiente, adequado, mais que adequado e excessivo quanto as concentrações de iodo na água ($p=0,727$), sal ($p=0,749$) e tempero caseiro ($p=0,444$) porém, o grupo CIU excessiva apresentou maiores valores de concentração de iodo para os alimentos sal e tempero caseiro (Tabela 4). Além disso, houve correlação no grupo ingestão de iodo excessivo, com a concentração de iodo no sal de consumo e CIU ($r= 0,170$; $p= 0,036$).

Tabela 4. Concentração *per capita* dia do teor de iodo no sal e água de consumo, e em tempero de acordo com a ingestão insuficiente, adequado, mais que adequada e excessiva, segundo a Concentração de Iodo Urinário (CIU) de adultos agricultores familiares.

Variável	CIU (µg/L)			
	Insuficiente (n=58)	Mediana (mínimo e máximo) Adequado (n=97)	Mais que adequada (n=66)	Excessiva (n=85)
Concentração de iodo no sal (µg)	218,7 (0,0 – 892,3)	232,9 (0,0 – 859,0)	239,7 (48,4 – 987,0)	272,5 (0,0 – 1524,3)
Concentração de iodo no tempero caseiro (µg/100g)	46,3 (0,0 – 109,3)	46,5 (0,0 – 114,3)	48,3 (0,0 – 140,0)	61,0 (0,00 – 124,3)
Concentração de iodo na água (µg)	7,4 (0,00 – 62,7)	7,7 (0,00 – 28,3)	6,7 (0,00 – 45,2)	7,3 (0,00 – 68,3)

^aTeste de Kruskal Wallis, não houve diferença entre os grupos quanto a concentração de iodo no sal, tempero e água. Foram analisadas 300 amostras de sal, 225 de tempero caseiro e 306 de água.

Discussão

Os achados deste estudo reforçam a importância em avaliar também com a população adulta, avaliando o estado nutricional de iodo. Uma vez que, houve maior prevalência de agricultores com inadequação 69,3% (n= 209), seja ela pelo excesso ou pela insuficiência. Destacando-se, o grupo de agricultores e agricultoras com ingestão tendendo ao excesso em 49,4% (n=151).

A determinação da CIU é um importante marcador de ingestão de iodo na dieta, uma vez que, a maior parte do iodo ingerido, aproximadamente 90%, é excretado entre 24 a 48 horas na urina, podendo ser utilizado como marcador de deficiência ou excesso em nível populacional. Este é um método não invasivo e econômico (WHO, 2001; WHO, 2013; WHO, 2018; WANG *et al.*, 2019; CANDIDO *et al.*, 2021). A CIU é um indicador que pode ser complementado com informações de creatinina, obtendo uma correção por estado de hidratação do indivíduo. Neste estudo, não foi encontrado diferenças nas análises utilizando esta combinação CIU - Creatinina (BOURDOUX, 1998; ZIMMERMANN; ANDERSSON, 2012).

Na literatura o público mais estudado na avaliação do estado nutricional de iodo são os escolares, mulheres em idade reprodutiva, gestantes, nutrizes e lactentes, isso

porque, processos de deficiência nestas populações podem repercutir em impactos graves no desenvolvimento infantil e conseqüentemente na vida adulta; a exemplo, crianças em aleitamento materno exclusivo, que dependem do fornecimento de iodo advindo do leite e este é determinado pelo consumo materno (SCHWARZENBERG *et al.*, 2018; MACHAMBA *et al.*, 2021a). Porém, os Distúrbios por Deficiência de Iodo (DDI) e os Distúrbios por Excesso de Iodo (DEI) também devem ser monitorados em outros grupos, porque impactam negativamente na saúde (SIMPONG *et al.*, 2016; TAYLOR *et al.*, 2018). Neste estudo, a população adulta avaliada, ainda se caracteriza por ser um grupo de residentes e trabalhadores da zona rural.

A população rural brasileira, conta com piores valores nos indicadores de segurança alimentar, escolaridade, renda, acesso a bens e serviços, acompanhamento em saúde, estratégias em saúde, dentre outros fatores, que fazem com que este grupo tenha menor assistência, o que pode repercutir em piora nas condições de saúde (MORAIS *et al.*, 2014; TRIVELLATO *et al.*, 2019).

Em uma mesma população com semelhanças geográficas como deste estudo, terem características distintas quanto ao estado nutricional de iodo, reforça a importância do monitoramento (FUGE; JOHNSON, 2015; MA *et al.*, 2022). As prevalências de insuficiência de iodo deste trabalho, foram maiores que os dados nacionais, coletados com escolares, que são grupo de risco para os DDI, 10,2%; e quanto aos níveis excessivos, foram menores as prevalências dos achados 27,8%, enquanto 44,2% é uma realidade brasileira (WHO, 2018; CESAR *et al.*, 2020).

O Brasil é considerado um país com ingestão de iodo adequado, segundo dados *Iodine Global Network*, tendo média CIU de 276 µg/L e para o Estado de Minas Gerais 292,5 µg/L (CESAR *et al.*, 2020). Neste estudo, a média de CIU foi de 253,4 µg/L, valor menor do que registrado, porém pode ser classificado como mais que adequada (IODINE GLOBAL NETWORK, 2021a; WHO, 2001). A organização de ações públicas brasileiras destinadas ao combate aos DDI, trouxe resultados favoráveis quanto à diminuição da prevalência de bócio e deficiência deste micronutriente (CESAR *et al.*, 2020).

Desenvolver estratégias generalizadas de combate aos DDI, como a iodação do sal de consumo, que para a população brasileira é preconizado de 15 a 45 mg/kg (BRASIL, 2013), é uma importante ferramenta. Porém, tem-se um quadro complicador, que é o excesso de consumo, que leva ao desenvolvimento dos DEI.

Com isso, estratégias generalizadas, são necessárias, porém eixos de ação que envolva monitoramento na iodação do sal, acompanhamento de indicadores de impacto como o CIU, educação e promoção de práticas saudáveis são primordiais (LAURBERG *et al.*, 2010). Na China os padrões de iodação do sal foram ajustados para 20 a 30 mg/kg a fim de, diminuir as prevalências de doenças associados aos DEIs. Anteriormente, o intervalo era 20 a 35mg/kg. Eles propuseram ainda que fosse considerado, a individualização das cidades, podendo estas incrementar $\pm 30\%$ nas concentrações recomendadas de acordo com os dados de saúde destas regiões (MENG *et al.*, 2013; ZHAO *et al.*, 2014).

O estado nutricional de iodo é um fator determinante no processo de adoecimento e alterações na tireoide, a sua deficiência ou ingestão excessiva está relacionada ao hipotireoidismo e ao bócio. O organismo com mecanismos de compensação, consegue a curto prazo, equilibrar ingestões inadequadas de iodo, porém a longo prazo, pode ocasionar disfunções, que vão repercutir no adoecimento do indivíduo (LAURBERG *et al.* 2010; ZIMMERMANN; BOELAERT, 2015).

A compensação metabólica quando não mais funciona, em populações com deficiência grave, pode repercutir no bócio, hipotireoidismo e danos cerebrais. Já em situações onde a deficiência é leve, a glândula consegue manter por mais tempo as concentrações normais dos hormônios. Porém, está hiperatividade prolongada pode gerar adaptações anormais no crescimento da tireoide, que durante o processo de proliferação das células foliculares, pode facilitar o aparecimento de mutações, contribuindo para o surgimento de nódulos e hipertireoidismo (LAURBERG *et al.* 2010; DU *et al.*, 2014; CHEN *et al.*, 2022).

Já em áreas com excesso de consumo de iodo, há maior risco de desenvolvimento do hipotireoidismo subclínico e bócio nodular. Podendo ser caracterizado também com uma disfunção da tireoide, tendo processos metabólicos inibidos pela ingestão excessiva e a frequência de apoptose das células foliculares se torna mais alta (TENG *et al.*, 2006; LAURBERG *et al.* 2010; DU *et al.*, 2014).

No estudo de Laurberg *et al.* (2010), é relatado a existência de um intervalo estreito ideal quando se considerar o consumo de iodo e seu reflexo na ocorrência de distúrbios da tireoide. Esta relação é distribuída na população em forma de uma curva em U, onde doenças se desenvolverão tendo um baixo ou alto consumo de iodo.

Conhecer como estão distribuídas estas prevalências é uma ferramenta de intervenção para a prevenção de doenças e agravos a saúde (CHEN *et al.*, 2022).

São ainda relacionados ao estado nutricional de iodo, características como sexo, idade, tabagismo, histórico familiar de alterações na tireoide, escolaridade, excesso de peso, obesidade (DU *et al.*, 2014; TAYLOR *et al.*, 2018; LI; SHAN; TENG, 2022), cor/ raça (TELLEZ; COOPER; EDMONDS, 1992; LAURBERG *et al.* 2010; TAYLOR *et al.*, 2018), concentração de iodo na água (KATAGIRI *et al.*, 2017; BIAN *et al.*, 2022; CANDIDO *et al.*, 2022; MA *et al.*, 2022).

Outro fator que tem sido associado ao estado nutricional de iodo é a pandemia de COVID-19, resultando na diminuição dos níveis de CIU. Isso porque, os recursos de controle do estado nutricional de iodo podem ter sido remanejados para a emergência em saúde no controle da pandemia. Esta afirmativa se deve a uma análise local na Argentina mostrando uma diminuição dos níveis adequados de iodação em produtores rurais, reforçando a importância do monitoramento para o fortalecimento das políticas de controle dos DDI (IODINE GLOBAL NETWORK, 2021b).

Neste contexto, do monitoramento e a importância de proposição de ações, têm-se a educação alimentar e nutricional. Caracterizada como uma ferramenta de incentivo ao controle do consumo de alguns ingredientes culinários dentre eles o sal e o tempero (BRASIL, 2014), porém deve ser considerado que um consumo insuficiente também caracteriza prejuízos a saúde dos indivíduos. Em contraponto, o excesso pode desencadear doenças (BOASQUEVISQUE *et al.*, 2013)

A ponderação na estruturação de ações de combate a carência e excesso de iodo faz com que esta temática seja ainda mais complexa, uma vez que, a estruturação de programas de controle da deficiência de iodo a exemplo a iodação do sal de consumo exige que seja tratado de forma mais ampla o eixo de “monitoramento do impacto da iodação do sal na saúde da população” (MACHAMBA *et al.*, 2021b). A preconização brasileira para a iodação do sal de consumo tem seu intervalo de recomendação questionado pela sua amplitude. Porém, os resultados deste trabalho demonstram a necessidade de manutenção, uma vez que, se tem quadros diferentes de excesso e insuficiente dentro de uma mesma região. A questão desta discussão em saúde deve ser a importância do consumo adequado, porque têm-se como fonte principal de iodo, o sal de consumo domiciliar.

O incentivo a alimentação saudável é uma importante ferramenta para promover o adequado estado nutricional de iodo. Neste estudo, encontrou-se associação entre o consumo de tempero industrializado e hipercolesterolemia com ingestão de iodo inadequada pelo excesso. É sabido que estes temperos industrializados são ricos em sódio e são considerados produtos ultraprocessados, onde deve ser evitado seu consumo uma vez que, podem causar prejuízos à saúde. No trabalho de Machamba *et al.* (2021) também foi encontrado menores concentrações de iodo urinário naqueles indivíduos que faziam uso tempero caseiro.

Este trabalho tem por característica o ineditismo, visto que não foi encontrado nenhum estudo realizado com adultos agricultores familiares brasileiros avaliando o estado nutricional de iodo. A população rural brasileira tem por característica a dificuldade de acesso a serviços de saúde, trazendo relevância social para este estudo uma vez que, os pesquisadores realizaram “busca ativa”, ou seja, foram ao encontro destes agricultores nos domicílios, sendo que alguns nunca tinham realizado exames bioquímicos. Como limitação do estudo, destaca-se a dificuldade encontrada em estabelecer relação entre as variáveis inseridas no DAG e as análises estatísticas com a CIU nesta população. Porém, a utilização do DAG corroborou com os achados nas análises bivariadas.

Fortalecendo trabalhos como este, que utilizam de busca ativa, para a incorporação destes indivíduos nas ações públicas de saúde e promoção da segurança alimentar e nutricional. Portanto, este trabalho auxilia no diagnóstico e proposição de ações que contribuem para o atendimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) em especial o ODS 3, “Saúde e Bem-estar”, que visa assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.

Considerações finais

Há complexidade no processo de avaliação do estado nutricional de iodo e possíveis fatores associados, exigindo constante monitoramento do impacto da iodação do sal na saúde da população, assim como o desenvolvimento de ações de educação alimentar e nutricional a fim de, incentivar uma alimentação saudável e consumo adequado de sal. Embora os DDI sejam um problema que exija ações

pontuadas, os DEIs também merecem atenção na organização do planejamento das ações públicas, uma vez que, há diferenças entre grupos populacionais, países, e regiões dentro do mesmo país, quando se trata do estado nutricional de iodo reforçando a necessidade do monitorado do estado nutricional de iodo.

Agradecimentos: FAPEMIG, CAPES, CNPq (Chamada MCTIC/CNPq 2018 – Processo:439075/2018-1), Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição e Programa de Pós-Graduação em Agroecologia

Referências

BATH, S. C. *et al.* Effect of inadequate iodine status in UK pregnant women on cognitive outcomes in their children: results from the Avon Longitudinal Study of Parents and Children (ALSPAC). **The Lancet**, v. 382, n. 9889, p. 331-337, 2013.

BIAN, J. *et al.* The Effects of Long-Term High Water Iodine Levels in the External Environment on the Carotid Artery. **Biological Trace Element Research**, v. 200, n. 6, p. 2581-2587, 2022.

BOASQUEVISQUE, P. C. R. *et al.* Correlation between iodine urinary levels and pathological changes in thyroid glands. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 57, p. 727-732, 2013.

BOURDOUX, P. Evaluation of the iodine intake: problems of the iodine/creatinine ratio-comparison with iodine excretion and daily fluctuations of iodine concentration. **Experimental and clinical endocrinology & diabetes**, v. 106, n. S 03, p. 17-20, 1998.

BRASIL. RESOLUÇÃO DA - RDC Nº 23, DE 24 DE ABRIL DE 2013. Dispõe sobre o teor de iodo no sal destinado ao consumo humano e dá outras providências. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/res0023_23_04_2013.html

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Guia alimentar para a população brasileira. 2 ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

CANDIDO, A. C. *et al.* Fatores associados ao estado nutricional de iodo no grupo materno-infantil: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, p. 1381-1390, 2021.

CANDIDO, A. C. *et al.* Critical analysis of the indicators of the nutritional status of iodine in individuals and populations: a systematic review. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, p. 4859-4870, 2021.

CANDIDO, A. C. *et al.* Prevalence of Excessive Iodine Intake in Pregnancy and Its Health Consequences: Systematic Review and Meta-analysis. **Biological Trace Element Research**, p. 1-11, 2022.

CESAR, J. A *et al.* Iodine status of Brazilian school-age children: a national cross-sectional survey. **Nutrients**, v. 12, n. 4, p. 1077, 2020.

CHARLTON, K.; SKEAFF, S. Iodine fortification: why, when, what, how, and who?. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v. 14, n. 6, p. 618-624, 2011.

CHEN, Y. *et al.* Iodine Nutritional Status and Prevalence of Thyroid Disorders among Adults in Chengdu. **Sichuan da xue xue bao. Yi xue ban= Journal of Sichuan University. Medical science edition**, v. 53, n. 4, p. 649-655, 2022.

DU, Y. *et al.* Iodine deficiency and excess coexist in china and induce thyroid dysfunction and disease: a cross-sectional study. **PloS one**, v. 9, n. 11, p. e111937, 2014.

IODINE GLOBAL NETWORK. Annual Report 2021. (Available at: https://www.ign.org/cm_data/2021-IGN-Annual-Report-11560-1.pdf). Accessed on 7 Dez 2022b.

IODINE GLOBAL NETWORK. Global Scorecard of Iodine Nutrition in 2021 in the General Population Based on Schoolage Children. Ottawa, Canada: IGN, 2022. (Available at: https://www.ign.org/cm_data/IGN_Global_Scorecard_2021_7_May_2021.pdf). Accessed on 7 Dez 2022a.

KATAGIRI R. *et al.* Effect of excess iodine intake on thyroid diseases in different populations: A systematic review and meta-analyses including observational studies. **PloS one**, v. 12, n. 3, p. e0173722, 2017.

Krela-Kaźmierczak, I. *et al.* Is there an ideal diet to protect against iodine deficiency?. **Nutrients**, v. 13, n. 2, p. 513, 2021.

LAURBERG, P. *et al.* Iodine intake as a determinant of thyroid disorders in populations. **Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 24, n. 1, p. 13-27, 2010.

LI, Y.; SHAN, Z.; TENG, W.. Effect of the transition from more than adequate iodine to adequate iodine on national changes in the prevalence of thyroid disorders: repeat national cross-sectional surveys in China. **European journal of endocrinology**, v. 186, n. 1, p. 115-122, 2022.

MA, R. *et al.* Deficiency and excess of groundwater iodine and their health associations. **Nature Communications**, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2022.

MACHAMBA, A. A. L.; AZEVEDO, F. M.; CANDIDO, A. C.; MACEDO, M. D. S., PRIORE, S. E.; FRANCESCHINI, S. D. C. C. (2021). Assessment of the impact of

salt iodisation Programmes on urinary iodine concentrations and goitre rates: a systematic review. **Journal of Nutrition and Metabolism**, 2021a.

MACHAMBA, A.A.L. *et al.* Effect of iodine supplementation in pregnancy on neurocognitive development on offspring in iodine deficiency areas: a systematic review. **Archives of Endocrinology and Metabolism**, v. 65, p. 352-367, 2021b

MACHAMBA, A. A. L. *et al.* Fatores associados a concentração de iodo urinário em gestantes e nutrízes—um recorte do EMDI-Brasil. Tese apresentada a Universidade Federal de Viçosa. 2021.

MATHIAPARANAM, S. *et al.* The prevalence and risk factors associated with Iodine deficiency in canadian Adults. **Nutrients**, v. 14, n. 13, p. 2570, 2022.

MAYER E.M. *et al.* Teor de iodo proveniente da água, sal de cozinha, temperos caseiros e industrializados, que são consumidos pela população adulta de agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa – MG associados a suas procedências. Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa, 2022.

MENG, F. *et al.* Assessment of iodine status in children, adults, pregnant women and lactating women in iodine-replete areas of China. **PLoS One**, v. 8, n. 11, p. e81294, 2013.

MORAIS, D.C *et al.* Insegurança alimentar e indicadores antropométricos, dietéticos e sociais em estudos brasileiros: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 1475-1488, 2014.

MOXON, R. E. D.;DIXON, E. J. Semi-automatic method for the determination of total iodine in food. *Analyst*, v. 105, n. 1249, 344-352, 1980.

PEDRAZA, D.F. *et al.* Década de Ação em Nutrição: reflexões sobre a conjuntura brasileira. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 15, p. 43167, 2020.

PERRING, L.; BASIC-DVORZAK, M.; ANDREY, D. Colorimetric determination of inorganic iodine in fortified culinary products. *Analyst*, n. 126, v. 7, 985-988, 2001.

SCHWARZENBERG, S. J. *et al.* Advocacy for improving nutrition in the first 1000 days to support childhood development and adult health. **Pediatrics**, v. 141, n. 2, 2018.

SHRIER, I.; PLATT, R. W. Reducing bias through directed acyclic graphs. *BMC medical research methodology*, v. 8, n.1, p. 1-15, 2008.

SIMPONG, D. L. *et al.* Assessment of iodine status among pregnant women in a rural community in ghana-a cross sectional study. **Archives of Public Health**, v. 74, n. 1, p. 1-5, 2016.

SUN, D. *et al.* Eliminating iodine deficiency in China: achievements, challenges and global implications. **Nutrients**, v. 9, n. 4, p. 361, 2017.

TAYLOR, P.N. *et al.* Global epidemiology of hyperthyroidism and hypothyroidism. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 14, n. 5, p. 301-316, 2018.

TELLEZ, M.; COOPER, J.; EDMONDS, C. Graves' ophthalmopathy in relation to cigarette smoking and ethnic origin. **Clinical endocrinology**, v. 36, n. 3, p. 291-294, 1992.

TENG, W. *et al.* Effect of iodine intake on thyroid diseases in China. **New England Journal of Medicine**, v. 354, n. 26, p. 2783-2793, 2006.

TRIVELLATO, P.T. *et al.* Insegurança alimentar e nutricional em famílias do meio rural brasileiro: revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 865-874, 2019.

WANG, D. *et al.* Iodine status of euthyroid adults: A cross-sectional, multicenter study. **Journal of clinical laboratory analysis**, v. 33, n. 4, p. e22837, 2019.

WHO. World Health Organization. **Global Reference List of 100 Core Health Indicators** (plus health-related SDGs). Geneva: WHO; 2018

WHO. World Health Organization. **Assessment of Iodine Deficiency Disorders and Monitoring their Elimination**: A guide for programme managers. 2001.

(Available at:

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/61278/WHO_NHD_01.1.pdf?sequence=1). Accessed on 7 Dez 2022.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION *et al.* **Urinary iodine concentrations for determining iodine status in populations**. World Health Organizations, 2013.

WHO. World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: World Health Organization; 1995.

WHO. World Health Organization. **Urinary iodine concentrations for determining iodine status in populations**. World Health Organizations, 2013.

ZHAO, W. *et al.* Prevalence of goiter and thyroid nodules before and after implementation of the universal salt iodization program in mainland China from 1985 to 2014: a systematic review and meta-analysis. **PloS one**, v. 9, n. 10, p. e109549, 2014.

ZIMMERMANN, M. B.; ANDERSSON, M. Assessment of iodine nutrition in populations: past, present, and future. **Nutrition reviews**, v. 70, n. 10, p. 553-570, 2012.

ZIMMERMANN, M. B.; BOELAERT, K. Iodine deficiency and thyroid disorders. **The lancet Diabetes & endocrinology**, v. 3, n. 4, p. 286-295, 2015.

5.5. Artigo original 2

Correlação entre os indicadores de função tireoidiana e o estado nutricional de ferro, selênio, iodo e zinco em adultos agricultores familiares

Correlation between thyroid function indicators and nutritional status of iron, selenium, iodine and zinc in adult family farmers

Resumo: Os hormônios tireoidianos são essenciais para a regulação metabólica. Participam destes processos micronutrientes como iodo, selênio, ferro e zinco uma vez que, a via metabólica é dependente destes, como precursores para o seu bom funcionamento. Este trabalho teve por objetivo correlacionar os indicadores de função tireoidiana com os de estado nutricional de iodo, ferro, selênio e zinco em adultos agricultores familiares. Estudo transversal, realizado com agricultores familiares de oito cidades da Região Geográfica Imediata de Viçosa- Minas Gerais, Brasil. Contou-se com a aplicação de questionário semiestruturado coletadas informações socioeconômica, demográfica e aplicou-se a Escala Brasileira de Insegurança Alimentar (EBIA). Ademais, questionou-se informações de peso e estatura para cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC), foi coletado sangue para avaliação dos parâmetros de Hemoglobina, Ferritina, VCM, HCM, CHCM, RDW, Zinco sérico, Selênio sérico, TSH, T3, T4 Livre, Tireoglobulina, Anti-tireoglobulina e urina para a avaliação da Concentração de Iodo Urinário (CIU). Para análise de dados foi utilizado o *Software SPSS* versão 20.0. Realizou-se análise descritiva dos dados, a normalidade foi avaliada pelo teste de *Kolmogorov Smirnov*. Utilizando segundo normalidade para comparação entre sexo o Teste *T de Student* ou *Mann-Whitney*. A correlação de *Spearman* ou *Pearson* foi avaliada concentrações séricas de T3, T4 L, TSH e Tireoglobulina com as demais concentrações. Na análise bivariada, o coeficiente de regressão e o intervalo de confiança de 95% (IC95%), foram estimados por meio da regressão linear. As variáveis com $p < 0,25$ nas análises de correlação foram selecionadas para inclusão no modelo múltiplo de regressão. Os níveis de T3, T4 Livre, TSH e Tireoglobulina em quartis foram comparados com os níveis dos demais parâmetros pela ANOVA com *post-hoc* o Teste de Bonferroni. Para todas as análises, adotou-se como nível de significância $\alpha = 5\%$. Entre os sexos foi encontrada diferenças quanto a renda, pontuação da EBIA, IMC, Hemoglobina, TSH e T3. Nos modelos finais da análise de regressão linear múltipla foi observado que o aumento do TSH se relaciona com o aumento da idade e as concentrações séricas de T3 também se relacionaram ao aumento da hemoglobina. Quanto a comparação entre os quartis, houve diferença entre os quartis 1 e 2 de T4 Livre para média de Selênio ($p = 0,003$), 1 e 3 para VCM (fL) ($p = 0,029$); 2 e 3 para Hemoglobina (g/dL) ($p = 0,025$). Para Tireoglobulina, houve diferença entre 1 e 2, 1 e 4 para VCM (fL) ($p = 0,028$; $p < 0,001$, respectivamente), HCM (pg) 1 e 4 ($p = 0,008$), 3 e 4 ($p = 0,005$) e CHCM (g/dL) 2 e 3 ($p = 0,026$). Entre os quartis de T3 teve-se diferença nas médias entre 1 e 4 para Hemoglobina ($p = 0,003$) e RDW (%) 2 e 3 ($p = 0,025$). Destaca-se neste trabalho, a prevalência de alterações nos níveis séricos de marcadores de funcionalidade da tireoide e alterações que podem trazer repercussões como doenças autoimunes e câncer.

Palavras-chaves: Hipotireodismo, Hipertireoidismo, Anemia, Deficiência de Selênio, Distúrbios por Deficiência de Iodo (DDI), Distúrbios por Excesso de Iodo (DEIs)

Abstract: Thyroid hormones are essential for metabolic regulation. Micronutrients such as iodine, selenium, iron and zinc participate in these processes, since the metabolic pathway is dependent on these, as precursors for its proper functioning. This study aimed to correlate thyroid function indicators with those of nutritional status of iodine, iron, selenium and zinc in adult family farmers. Cross-sectional study, carried out with family farmers from eight cities in the Immediate Geographical Region of Viçosa- Minas Gerais, Brazil. A semi-structured questionnaire was used to collect socioeconomic and demographic information and the Brazilian Food Insecurity Scale (EBIA) was applied. In addition, information on weight and height was asked to calculate the Body Mass Index (BMI), blood was collected to evaluate the parameters of Hemoglobin, Ferritin, VCM, HCM, CHCM, RDW, Serum Zinc, Selenium Selenium, TSH, T3, T4, Thyroglobulin, Anti-thyroglobulin and urine for the evaluation of Urinary Iodine Concentration (UIC). For data analysis, SPSS software version 20.0 was used. Descriptive data analysis was performed, normality was assessed using the Kolmogorov Smirnov test. Using second normality for comparison between genders, Student's T Test or Mann-Whitney. Spearman's or Pearson's correlation was evaluated between serum concentrations of T3, T4 L, TSH and Thyroglobulin with the other concentrations. In the bivariate analysis, the regression coefficient and the 95% confidence interval (95%CI) were estimated using linear regression. Variables with $p < 0.25$ in the correlation analyzes were selected for inclusion in the multiple regression model. The levels of T3, Free T4, TSH and Thyroglobulin in quartiles were compared with the levels of the other parameters by ANOVA with post-hoc Bonferroni Test. For all analyses, a significance level of $\alpha = 5\%$ was adopted. Differences were found between genders regarding income, EBIA score, BMI, Hemoglobin, TSH and T3. In the final models of the multiple linear regression analysis, it was observed that the increase in TSH is related to the increase in age and the serum concentrations of T3 were also related to the increase in hemoglobin. As for the comparison between quartiles, there was difference between quartiles 1 and 2 of Free T4 for Selenium mean ($p = 0.003$), 1 and 3 for VCM (fL) ($p = 0.029$); 2 and 3 for Hemoglobin (g/dL) ($p = 0.025$). For Thyroglobulin, there was a difference between 1 and 2, 1 and 4 for VCM (fL) ($p = 0.028$; $p < 0.001$, respectively), HCM (pg) 1 and 4 ($p = 0.008$), 3 and 4 ($p = 0.005$) and CHCM (g/dL) 2 and 3 ($p = 0.026$). Between the T3 quartiles there was a difference in means between 1 and 4 for Hemoglobin ($p = 0.003$) and RDW (%) 2 and 3 ($p = 0.025$). This work highlights the prevalence of changes in serum levels of thyroid functionality markers and changes that can bring repercussions such as autoimmune diseases and cancer.

Keywords: Hypothyroidism, Hyperthyroidism, Anemia, Selenium Deficiency, Iodine Deficiency Disorders (IDDs), Iodine Excess Disorders (IDEs)

1. Introdução

Os hormônios tireoidianos são essenciais para o crescimento celular, diferenciação e regulação metabólica do organismo. Participam destes processos micronutrientes como iodo, selênio, ferro e zinco uma vez que, a via metabólica é dependente destes, como precursores para o seu bom funcionamento, especialmente o iodo (ZIMMERMANN; KÖHRLE, 2002). O processo de deficiência ou mesmo excesso destes micronutrientes podem acarretar em alterações na produção e/ou conversão dos hormônios, o que pode contribuir para o desenvolvimento de doenças (GASHU *et al.*, 2009; ÇELIK *et al.*, 2014; BABIKER *et al.*, 2020; CAMPOS *et al.*, 2021; ISLAM *et al.*, 2021).

O monitoramento da relação função tireodiana e de micronutrientes, faz-se importante porque processos de deficiência podem coexistir em um mesmo indivíduo. Além disso, monitorar elementos que participam da via, auxilia na compreensão e possibilidade de direcionamento de ações mais generalizadas para o combate aos distúrbios. Assim, avaliar indicadores de processos como o monitoramento da iodação do sal, indicadores de impacto que remete ao estado nutricional do iodo e o de outros micronutrientes que possam contribuir com o desfecho da diminuição das prevalências de Distúrbios por Deficiência de Iodo (DDI) e o Distúrbios por Excesso de Iodo (DEI) (CANDIDO *et al.*, 2021).

As principais doenças causadas pelas alterações dos hormônios tireoidianos são o hipotireoidismo e o hipertireoidismo. Para o diagnóstico de disfunção tireodiana são utilizados parâmetros bioquímicos, sendo eles: os níveis de Hormônio Estimulante da Tireoide (TSH) e Tiroxina Livre (T4 L) principalmente, podendo ser somado a avaliação a dosagem de Tireoglobulina (Tg) e Triiodotironina (T3) (ESFANDIARI; PAPALEONTIOU, 2017; TAYLOR, PETER *et al.*, 2018).

Segundo dados da Associação Americana de Tireoide, estima-se que 60% das pessoas com alguma doença tireodiana não sabe que a possui. Além disso, as causas ainda não são totalmente elucidadas. O não diagnóstico pode levar a um maior comprometimento e agravamento da doença, como exemplos, têm-se: doenças cardiovasculares, infertilidade, risco de abortos, partos prematuros, osteoporose e outras (ATA, 2023).

A população rural no contexto de acompanhamento e assistência em saúde pode em muitos casos, ficar à margem das estratégias, ou mesmo por uma dificuldade de acesso limitar possíveis diagnósticos precoces. Assim, trabalhos como este que

buscam através de estratégias como ida ao domicílio para ações de diagnóstico pode ser uma importante ferramenta de promoção da saúde e atendimento às políticas públicas de prevenção de doenças e agravos (PONTES *et al.*, 2002).

Portanto, este artigo teve por objetivo correlacionar os indicadores de função tireoidiana com os de estado nutricional de iodo, ferro, selênio e zinco em adultos agricultores familiares.

2. Metodologia

2.1. População do estudo

Trata-se de um estudo transversal realizado com adultos (≥ 20 anos e < 60 anos), agricultores familiares da Região Geográfica de Viçosa, Minas Gerais no Brasil. O cálculo amostral foi realizado no programa OpenEpi®, a partir da equação: $n = \frac{EDFF * Np(1-p)}{[(d^2/Z^2(1-\alpha/2)^2(N-1) + p*(1-p))]} + 10\%$. Foi considerado o tamanho da população (n), o total da população rural (2010a) ($n=31090$); a prevalência (p) de deficiência de iodo de 14,1% em escolares rurais segundo dados da Pesquisa Nacional para Avaliação do Impacto da Iodação do Sal (PNAISAL), erro tolerável (d) de 5%; nível de confiança de 95%; escore padrão de distribuição normal (Z) de 1,96, efeito do desenho do estudo (EDFF) de 1,5 para amostras aleatórias da zona rural (HIRSCHMANN; GOMES; GONÇALVES, 2018) somados 10% para desistência, dados incompletos e controle de fatores de confusão, totalizando 306 adultos avaliados em 8 municípios. Estes agricultores familiares foram identificados através de cadastro das Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural, e através de sorteio foram convidados a participar sendo um responsável por domicílio.

2.2. Aprovação ética

A participação deu-se de forma voluntária mediante confirmação de autorização posterior a leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e este trabalho foi executado posterior a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa com parecer número 2.496.986.

2.3. Caracterização socioeconômica, demográfica e índice antropométrico

Com auxílio de questionário semiestruturado foram coletadas informações como data de nascimento, sexo, cor autodeclarada, renda, número de moradores, escolaridade e aplicou-se a Escala Brasileira de Insegurança Alimentar (EBIA). Este instrumento consiste em 14 questões, sendo questionado informações referentes aos últimos 30 dias anteriores a entrevista. As respostas podem ser 'sim' ou 'não', para cada 'sim' é pontuado 1 e ao final, soma-se os pontos. É levado em consideração se o domicílio tem presença de menor de 18 anos a estratificação, consta: 0 pontos, categorizando em Segurança Alimentar (SA), 1 a 5 pontos Insegurança Alimentar (IA) Leve, 6 a 9 pontos IA Moderada e 10 a 14 pontos IA Grave. Já em domicílios sem a presença do menor de 18 anos, estratifica-se: 0 pontos SA, 1 a 3 pontos IA Leve, 4 a 6 pontos IA Moderada e 7 a 8 pontos IA Grave (SEGALL-CORRÊ; MARIN-LEON, 2009).

Além das informações socioeconômicas, demográficas e aplicação da EBIA, foi questionado o peso e altura autorrelatados, e assim, calculado o Índice de Massa Corporal (IMC), estratificando em eutrófico ($\geq 18,5$ kg/m² a $\leq 24,9$ kg/m²), baixo peso ($< 18,5$ kg/m²), sobrepeso ($\geq 25,0$ kg/m² a $< 30,0$ kg/m²) e obesidade (≥ 30 kg/m²) (WHO, 1995).

2.4. Avaliação bioquímica

As avaliações bioquímicas constam na análise de urina e sangue coletados no domicílio do voluntário por coletador treinado. Foram coletadas amostras de sangue periférico em sete tubos "livres de metais", SST II Advance da marca BD Vacutainer® de 5mL, após 12 horas de jejum, no período da manhã. Após a coleta às amostras eram armazenadas em caixa de polietileno e encaminhadas ao laboratório contratado para a sua avaliação. Já para avaliação da Concentração Urinária de Iodo (CIU), foi coletada uma amostra casual de urina (50 mL) em pote estéril devidamente identificado e encaminhado ao laboratório responsável. No Quadro é apresentando a variável a ser dosada, o kit utilizado para análise assim como o método.

Quadro. Variável, kit e método utilizado para avaliação das concentrações séricas de ferritina, PCR, Selênio, T3, T4 L, Tireoglobulina, TSH, Zinco e Concentração de Iodo Urinário (CIU).

Variável	Kit	Método
Ferritina	Acess Ferritin	Quimioluminescência
Hemograma	-	Morfológico em esfregaços corados com corantes panópticos (Leishman)
Iodo urinário	-	Espectrometria de Massas com plasma indutivamente acoplado (Icp-MS)
Proteína C Reativa	CRP Latex	Imunoturbidimetria
Selênio	Validação <i>in house</i>	Espectrometria De Massas Com Plasma Indutivamente Acoplado - Icp/MS
T3	Acess Total T3	Quimioluminescência
T4 Livre	Acess Free T4	Quimioluminescência
Tireoglobulina	Thyroglobulin	Quimioluminescência
TSH	Access TSH 3rd IS	Quimioluminescência
Zinco	Randox Zinco (Zn)	Colorimétrico

*Hemograma= Hemoglobina, Hematócrito, Hemoglobina (g/dL), VCM, HCM, CHCM e RDW

Os os valores de referência utilizados para avaliação dos exames bioquímicos foram: Hemoglobina (g/dL): mulheres < 12,0 e homens <13,0 (WHO, 2011); Ferritina (ng/mL) < 30,0 para depleção dos estoques de ferro (CANÇADO *et al.*, 2010); VCM (fL): 80 a 98 (MONTEIRO *et al.*, 2010); HCM (pg): 26 a 34; CHCM (g/dL) 31 a 37; RDW (% 38,6 – 49,1 (CANÇADO *et al.*, 2010; MONTEIRO *et al.*, 2010); Selênio sérico (µg/L) >30,0 para deficiência; Zinco sérico (µg/dL) < 70,0 risco de deficiência; CIU (µg/L): Ingestão insuficiente ≤ 99,0, Adequado entre 100 a 199, mais que adequada entre 200 a 299 e excessiva ≥300 (WHO, 2013); TSH (µUI/mL) alterado >0,4 a ≤ 4,5; T3 (ng/mL) >80 a <180; T4 livre (ng/dL) >0,7 a >1,8 e Tireoglobulina (ng/mL) >3,0 a < 42,0 (JACOBS *et al.*, 2001; MCPHERSON; PINCUS, 2017; KANAAN, 2019).

Para explorar o estado nutricional de ferro foi utilizado a combinação de três indicadores, Ferritina (ng/mL), Hemoglobina (g/dL) e RDW (%). Depleção dos estoques de ferro: Ferritina (ng/mL) < 30,0 e normal para Hemoglobina (g/dL) e RDW (%); Eritropoiese deficiente em ferro: Ferritina (ng/mL) < 30,0, normal para Hemoglobina (g/dL) e aumentado para RDW (%); Anemia ferropênica Ferritina (ng/mL) < 30,0, diminuído para Hemoglobina (g/dL) e aumentado para RDW (%) (CANÇADO *et al.*, 2010).

2.5. Análises estatísticas

Os dados foram digitados e validados após dupla digitação no Microsoft Excel. As análises foram realizadas no *Software SPSS* versão 20.0. Foram calculadas medidas de tendência central (média e mediana) e dispersão (mínimo-máximo e desvio-padrão). As variáveis categóricas foram expressas em frequências absolutas e relativas. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov*.

A depender da normalidade dos dados, para a comparação das médias/medias dos exames bioquímicos entre os sexos foi utilizado o Teste T de Student para comparação de médias e com o complementar para avaliação da igualdade de variâncias foi utilizado o Teste de Levene's, já para aquelas variáveis sem distribuição normal a comparação entre medianas ocorreu com auxílio do teste de Mann-Whitney.

O teste de correlação de Spearman ou Pearson foi aplicado para avaliar a correlação entre as concentrações séricas de T3, T4 L, TSH e Tireoglobulina com as demais concentrações e variáveis analisados. As variáveis com $p < 0,25$ na análise de correlação foram selecionadas para inclusão no modelo múltiplo de regressão linear. Para verificar a adequação do modelo de regressão linear, foi aplicado o teste geral de White para heteroscedasticidade na distribuição dos erros. Adotou-se nível de significância $\alpha = 5\%$.

As concentrações séricas de T3, T4 Livre, TSH e Tireoglobulina foram separadas em quartis e avaliados os níveis dos demais parâmetros comparando dentro dos quartis através da ANOVA com *post-hoc* de Bonferroni.

3. Resultados

3.1. Caracterização socioeconômica, demográfica e situação de segurança alimentar

Foram avaliados 306 agricultores familiares, deste 52,0% (n=159) eram do sexo masculino, se autodeclararam pretos 10,5% (n=32) e 50,3% (n=154) pardos. A mediana de escolaridade foi de 7 anos de estudos (mínimo=0 e máximo=15) e a renda *per capita* foi de 516,70 reais (mínimo=60,00 reais e máximo=12000,00 reais). Segundo avaliação pela EBIA, 54,6 % (n= 167) se encontravam em situação de segurança alimentar, 37,6% (n=115) insegurança alimentar leve, 5,9% (n=18) em insegurança alimentar moderada e 1,9% (n=6) em insegurança alimentar grave.

Houve diferença entre os sexos dos avaliados, os homens apresentaram maior mediana de renda e menor pontuação da EBIA (Tabela 1).

Houve diferença também entre cor/raça branca e pretos/pardos para as concentrações séricas de selênio ($p=0,031$), Tg ($0,001$) e T3 ($p=0,046$). Onde brancos tiveram maior mediana de concentrações de selênio e maior média de Tg que pretos/pardos. Já T3, teve maior média entre os pretos/pardos.

3.2. Estado nutricional pelo IMC

O excesso de peso esteve presente em 51,9% ($n=159$) dos agricultores, destes 17,0% ($n=52$) eram obesos. Eram eutróficos 47,1% ($n=144$) e baixo peso 1,0% ($n=1$). O excesso de peso teve maior prevalência no sexo feminino em 56,5% ($n=83$), destas 26,5% ($n=39$) eram obesas e nos homens foi 47,8% ($n=76$) e obesidade em 8,2% ($n=13$) (Tabela 1).

3.3. Função tireoidiana

Apresentaram alteração de TSH 8,8% ($n=27$) dos avaliados, apresentando níveis elevados 8,1% ($n=25$), destes 68,0% ($n=17$) eram mulheres. O hipotireoidismo clínico esteve presente em 36,0% ($n=9$) e o subclínico em 64,0% ($n=16$). Já o hipertireodismo subclínico esteve presente em 0,65% ($n=2$) do total de agricultores avaliados. Quanto a avaliação de Tireoglobulina, estavam alterados 15,0% ($n=46$), e destes também tinham alteração de Anti-Tireoglobulina 3,59% ($n=11$), o que pode ser um indicativo de doença autoimune da tireoide. Houve diferença entre os sexos para TSH e T3 (Tabela 1).

3.4. Estado nutricional de ferro

Com auxílio dos parâmetros do eritrograma foi avaliado fatores relacionados ao estado nutricional de ferro e caracterização de presença de anemia. Avaliando os níveis de hemoglobina foi encontrado uma prevalência de anemia de 5,2% ($n=16$), sendo mais recorrente entre as mulheres 87,5% ($n=14$), sendo considerado um problema de saúde pública leve, porém esta classificação não minimiza a importância de trabalhos para modificação do quadro (WHO, 2011).

Explorando os estágios de diagnóstico de deficiência de ferro, 62,5% ($n=10$) estão com depleção dos estoques de ferro, porém ainda não houve comprometimento

da oferta de ferro para a eritropoiese, 25,0% (n=4) apresentaram diminuição da oferta de ferro para eritropoiese, porém não diminuíram ainda os níveis de hemoglobina e 12,5% (n=2) teve diminuição na oferta de ferro que levaram a diminuição de hemoglobina. Apresentaram níveis baixos de ferritina 15,7% (n=48) e destes 87,5% (n=42) eram mulheres (Tabela 1).

Tiveram alteração nos parâmetros: VCM aumentado em 5,2% (n=16), RDW aumentado em 5,5% (n=17), alteração de HCM em 6,2% (n=19) destes 84,2% (n=16) diminuído e CHCM diminuído em 0,7% (n=2).

3.5. Estado nutricional de selênio, zinco e iodo

Encontrou-se nesta população uma prevalência de deficiência de selênio em 13,1% (n=40). Já para o estado nutricional de zinco 12,1% (n=37) tem risco de deficiência. Quanto ao estado nutricional de iodo pelo CIU, a insuficiência de iodo esteve presente em 18,9% (n=58), adequado em 31,7% (n=97), mais que adequado 21,6% (n=66) e excessivo em 27,8% (n=85). Não foi encontrada diferença quanto a avaliação destes micronutrientes entre os sexos (Tabela 1).

3.6. Correlação entre indicadores de funcionalidade tireoidiana e variáveis

Correlacionou-se os indicadores socioeconômicos, demográficos, de pontuação da EBIA e os bioquímicos do eritrograma, selênio, zinco e iodo, com os de funcionalidade da tireoide. Foi encontrado correlações entre TSH e idade ($r= 0,117$; $p= 0,041$), T3 com hemoglobina ($r=0,166$; $p= 0,002$), hematócrito ($r= 0,134$; $p= 0,019$) e CHCM ($r= 0,117$; $p=0,021$) e Tg com VCM ($r= 0,114$; $p=0,047$). O T4 Livre não se correlacionou a nenhum parâmetro analisado (Tabela 2).

Os modelos finais da análise de regressão linear múltipla; o aumento do TSH se relaciona com o aumento da idade, ajustado por VCM e HCM ($y = 1,822 + (0,0159 \times \text{idade anos})$). As concentrações séricas de T3 também se relacionaram ao aumento da hemoglobina, ajustado por hematócrito, CHCM e RDW ($y= 0,818 + (0,026 \times \text{hemoglobina g/dL})$). Para os demais indicadores não foi encontrado associação estatisticamente significativa no modelo final.

3.7. Comparação de medidas de parâmetros e quartis de função tireoidiana

Na Figura, é apresentado a comparação entre os quartis de Tireoglobulina, T4 Livre e T3 que apresentaram diferença, para os valores médios de VCM (fL), HCM (pg), Selênio ($\mu\text{g/L}$) e Hemoglobina (g/dL). Houve diferença entre os quartis 1 e 2 de T4 Livre para média de Selênio ($p=0,003$), 1 e 3 para VCM (fL) ($p=0,029$); 2 e 3 para Hemoglobina (g/dL) ($p=0,025$). Para os quartis de Tireoglobulina, houve diferença entre 1 e 2, 1 e 4 para VCM (fL) ($p=0,028$; $p < 0,001$, respectivamente), HCM (pg) 1 e 4 ($p= 0,008$), 3 e 4 ($p=0,005$) e CHCM (g/dL) 2 e 3 ($p=0,026$). Entre os quartis de T3 teve-se diferença nas médias entre 1 e 4 para Hemoglobina ($p=0,003$) e RDW (%) 2 e 3 ($p=0,025$). Os demais parâmetros não foram encontrados diferenças entre os quartis.

Tabela 1. Caracterização socioeconômica, demográfica, situação de segurança alimentar, avaliação antropométrica e bioquímica de homens e mulheres adultos agricultores familiares, Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022.

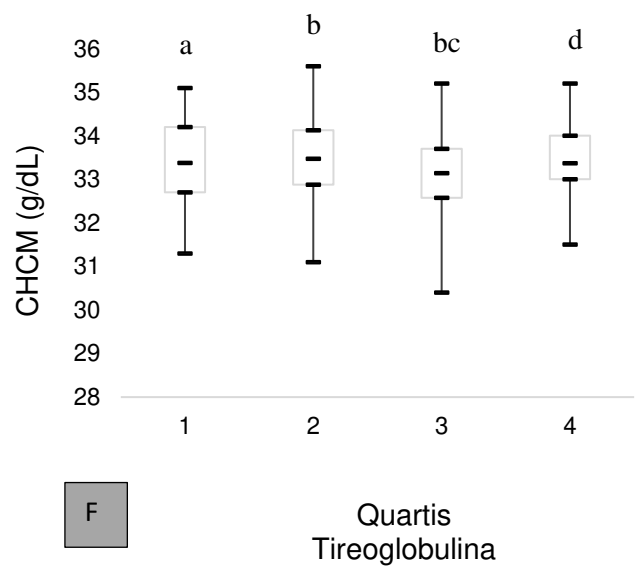
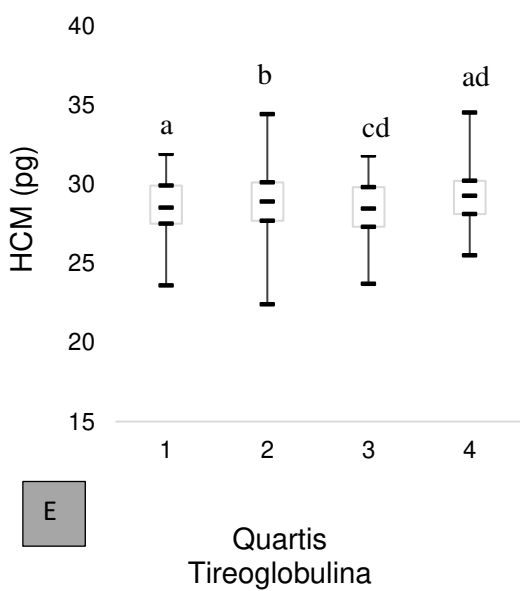
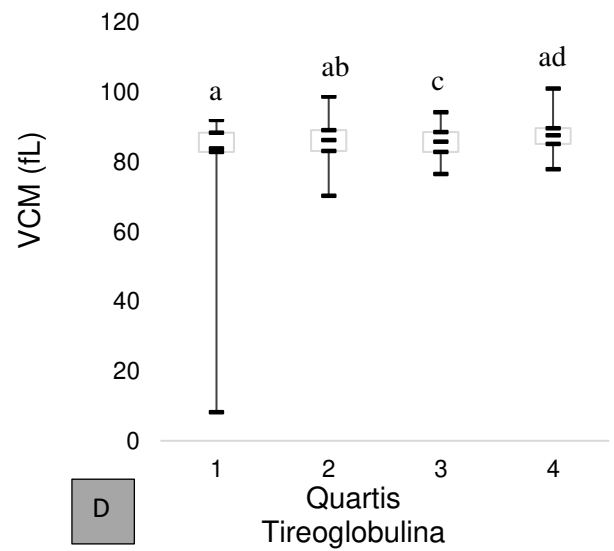
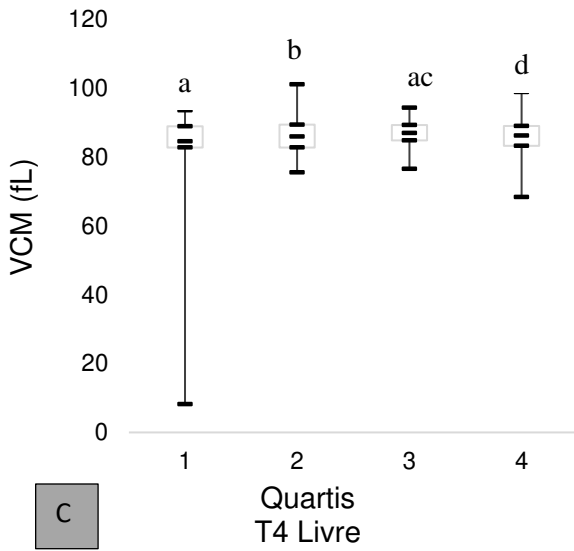
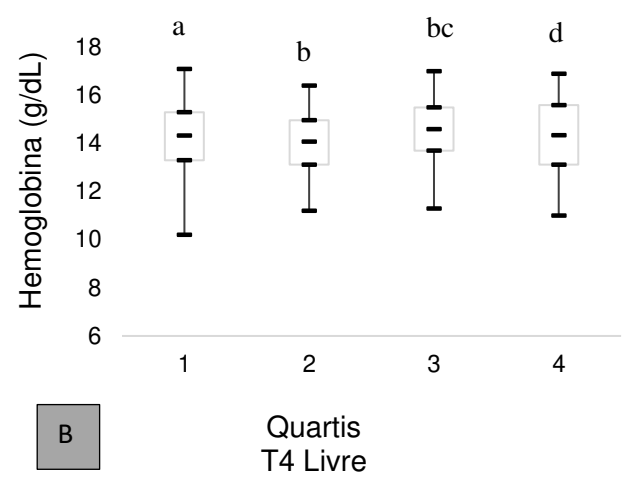
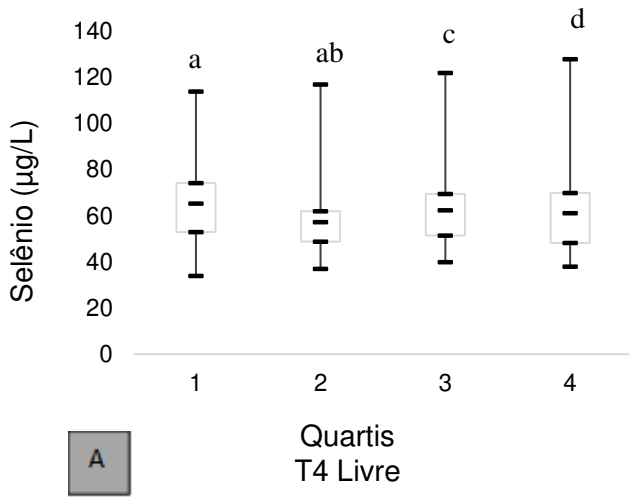
Variáveis	Total (n=306)		Masculino (n=159)		Feminino (n=147)		p*
	Mediana	Mínimo - Máximo	Mediana	Mínimo - Máximo	Mediana	Mínimo - Máximo	
Caracterização socioeconômicas, demográficas e índice antropométrico							
Renda (R\$) ¹	516,70	60,0 – 12000,0	606,00	100,00 – 12000,00	404,00	60,00 – 3500,00	0,023
Idade (anos)	44,00	21,00 – 59,00	43,00	21,00 -59,00	45,00	21,00 -59,00	0,876
Escolaridade (anos)	7,00	0,00 – 15,00	8,00	0,00 – 15,00	6,00	0,00 – 15,00	0,064
Pontuação da EBIA	0,00	0,00 – 14,00	0,00	0,00 – 14,00	1,00	0,00 – 14,00	<0,001
IMC (Kg/m ²)	25,10	17,80 – 43,42	24,63	17,80 – 34,60	26,10	18,00 – 43,42	<0,001
Avaliação bioquímica							
Hemoglobina (g/dL)	14,40	10,20 – 17,10	15,20	12,40 – 17,10	13,30	10,20 – 17,00	0,022
Hematócrito (%)	43,60	31,00 - 381,00	45,70	37,10 - 53,00	40,40	31,00 - 381,00	0,126
Ferritina (ng/mL)	97,85	4,80 – 951,80	133,60	4,80 - 951,80	58,80	6,20 – 106,80	0,231
VCM (fL)	86,40	8,20 – 101,10	86,90	72,10 - 101,10	86,10	8,20 - 97,90	0,069
HCM (pg)	28,50	22,40 – 34,50	29,10	23,60 - 34,50	28,70	22,40 - 33,30	0,569
CHCM (g/dL)	33,40	30,40 – 35,60	33,50	30,40 - 35,40	33,30	30,90 - 35,60	0,699
RDW (%)	13,30	11,20 – 34,80	13,30	11,20 - 34,80	13,30	12,10 - 15,70	0,625
PCR (mg/L)	1,85	0,20 – 660,00	1,20	0,20 - 660,00	3,35	0,31 – 259,00	0,843
Selênio sérico (µg/L)	58,00	34,00 - 128,00	60,00	39,00 - 122,00	58,00	34,00 – 128,00	0,084
Zinco sérico (µg/dL)	88,50	54,30 – 150,00	93,60	60,70 - 150,00	84,10	54,30 -133,70	0,480
CIU (µg/L)	197,50	40,60 - 3649,07	208,40	40,60 - 3649,07	185,98	40,60 - 1733,48	0,881
TSH (µUI/mL)	2,06	0,21 – 47,95	2,00	0,60 - 6,90	2,22	0,21 - 47,95	0,005
T3 (ng/mL)	1,19	0,70 – 2,13	1,20	0,70 - 1,80	1,14	0,70 - 2,13	0,026
T4 livre (ng/dL)	0,83	0,40 – 1,44	0,80	0,40 - 1,30	0,83	0,43 - 1,44	0,749
Tireoglobulina (ng/mL)	14,40	0,20 – 796,00	12,80	0,20 – 361,00	15,10	0,20 – 796,00	0,440

¹Renda *per capita*; EBIA = Escala Brasileira de Insegurança Alimentar; IMC = Índice de Massa Corporal; VCM = Volume Corpuscular Médio; HCM= Hemoglobina Corpuscular Média; CHCM = Concentração da Hemoglobina Corpuscular Média; RDW = Amplitude de Distribuição dos Glóbulos Vermelhos; PCR= Proteína C Reativa; CIU = Concentração de Iodo Urinário; TSH = Hormônio Estimulante da Tireoide; T3 = Triiodotironina; T4 Livre = Tiroxina Livre; *Teste t de Student ou Mann-Whitney

Tabela 2. Correlação entre indicadores de funcionalidade tireoidiana, características socioeconômicas e demográficas, situação de segurança alimentar e estado nutricional de ferro, selênio, zinco e iodo em adultos agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022.

Variáveis	TSH		T3		T4 Livre		Tg	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Renda ¹	-0,002	0,966	-0,030	0,601	-0,002	0,974	-0,074	0,197
Idade	0,117	0,041	-0,021	0,709	-0,104	0,069	0,022	0,699
Escolaridade	0,003	0,952	-0,002	0,966	0,042	0,464	-0,019	0,740
Pontuação da EBIA	-0,038	0,510	0,052	0,368	0,000	0,998	0,029	0,618
IMC	-0,037	0,523	-0,049	0,392	-,017	0,771	0,016	0,777
Hemoglobina	-0,061	0,285	0,166	0,002	0,053	0,358	0,052	0,365
Hematócrito	-0,050	0,381	0,134	0,019	0,031	0,593	0,050	0,388
Ferritina	-0,063	0,276	0,073	0,203	-0,036	0,525	-0,023	0,692
VCM	0,079	0,168	0,000	0,997	0,052	0,366	0,114	0,047
HCM	0,082	0,154	0,030	0,605	0,054	0,349	0,061	0,287
CHCM	0,043	0,453	0,117	0,021	0,012	0,836	-0,071	0,215
RDW	-0,071	0,213	-0,112	0,051	-0,035	0,542	0,008	0,890
Selênio sérico	-0,002	0,970	0,020	0,733	-0,087	0,129	0,074	0,197
Zinco sérico	0,008	0,886	-0,011	0,845	0,028	0,624	0,020	0,722
CIU	0,001	0,995	0,009	0,869	-0,070	0,224	0,062	0,277

¹Renda *per capita*; EBIA = Escala Brasileira de Insegurança Alimentar; IMC = Índice de Massa Corporal; VCM = Volume Corpuscular Médio; HCM= Hemoglobina Corpuscular Média; CHCM = Concentração da Hemoglobina Corpuscular Média; RDW = Amplitude de Distribuição dos Glóbulos Vermelhos; PCR= Proteína C Reativa; CIU = Concentração de Iodo Urinário; TSH = Hormônio Estimulante da Tireoide; T3 = Triiodotironina; T4 Livre = Tiroxina Livre; Tg= Tireoglobulina



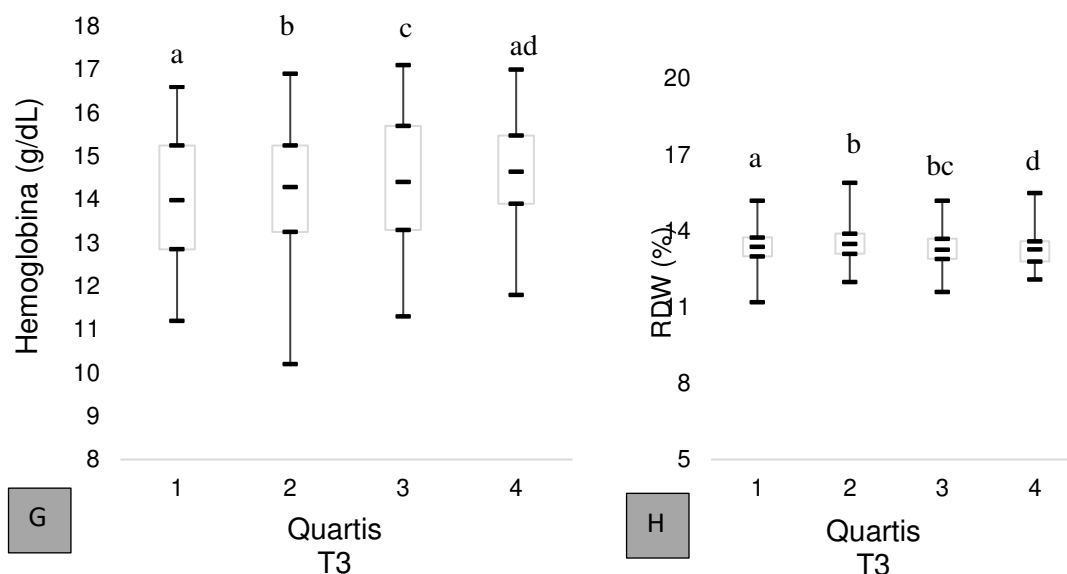


Figura. Comparação de valores médios de VCM (fL), HCM (pg), CHCM (g/dL), RDW (%), Selênio ($\mu\text{g/L}$) e Hemoglobina (g/dL), segundo Quartis de T4 Livre (A, B, C), Tireoglobulina (D, E, F) e T3 (G, H) de adultos agricultores familiares, Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022.

4. Discussão

A iodinação do sal de consumo humano como uma estratégia para controle dos DDI, permitiu que a população brasileira, atingisse níveis adequados de CIU (IODINE GLOBAL NETWORK, 2021). Porém, deve ser ressaltado que a população em estudo vivenciada a dualidade deste cenário uma vez que, apresenta prevalência alta para alteração neste marcador, CIU, 68,3% ($n=209$), onde há insuficiência e o excesso. Além disso, têm-se ainda a necessidade de explorar a interação deste micronutriente, iodo, com outros, ferro, selênio e zinco, uma vez que pode auxiliar em estratégias de melhoria da função tireoidiana e mesmo combate a intercorrências relacionados a glândula tireoide.

O iodo segundo Hatch-Mcchesney e Lieberman (2022), após o transporte ativo para a tireoide, na forma de iodeto é armazenado na Tg, antes de sofrer conversão em T3 e T4. Os hormônios T3 e T4 entram na circulação ligados a proteínas carreadoras até atingirem os tecidos. T3 é a forma fisiologicamente ativa e liga-se preferencialmente aos seus receptores. A avaliação dos hormônios em situações de deficiência de iodo não muda suficientemente, por isso são pouco utilizados na prática clínica. Já o TSH e Tg sérico, CIU e tamanho da tireoide são considerados os

melhores marcadores do status populacional de iodo e reflexos na tireoide (NIWATTISAIWONG; BURMAN; LI-NG, 2017).

Os níveis de CIU são considerados marcadores sensíveis que reflete a ingestão alimentar de iodo e seus reflexos em dias, as variações podem acontecer tanto a nível individual quanto coletivo, porém a nível populacional tendem a se equilibrar. A Tg tem como avaliação uma resposta intermediária em semanas e o tamanho da tireoide alterado reflete o estado nutricional de iodo a longo prazo (NIWATTISAIWONG; BURMAN; LI-NG, 2017).

Os métodos para avaliação do estado nutricional de iodo não são igualmente aplicáveis para todos os grupos populacionais. Isso porque para adultos com deficiência de iodo os valores de TSH não diferem daqueles que tem ingestão acima de 50 µg/dia. Embora o TSH sérico seja o melhor indicador de função tireodiana, não é um indicador sensível do estado nutricional de iodo em adultos (EASTMAN, 2012). Isso também se aplica, para avaliações das concentrações dos hormônios tireoidianos, porque o estado nutricional de iodo em populações com deficiência, permanece nas faixas de normalidade as concentrações de T3 e T4 (ZIMMERMANN, 2020).

A Tg sérica tem sido utilizada como marcador não específico de função tireodiana e contribui para o monitoramento de pacientes com câncer na tireoide. Em estudo de Ma *et al.* (2016), as concentrações séricas de Tg foi utilizada como marcador de estado nutricional de iodo em adultos e esteve associada a CIU durante a suplementação de iodo.

Além da avaliação do iodo, como um micronutriente primordial para a produção dos hormônios tireodianos, tem-se ainda a interação do iodo com o selênio. Esta associação de nutrientes também é importante para o metabolismo e para a proteção do organismo contra radicais livres e patógenos. As selenoproteínas participam do metabolismo dos hormônios tireoidianos, em especial, com a liberação de iodeto dos estoques orgânicos e na proteção dos tireócitos contra o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), subproduto da síntese dos hormônios tireoidianos. Estes elementos fazem parte do chamado sistema parceiro iodeto/peróxido de hidrogênio/peroxidase utilizado como um sistema de defesa contra microrganismos que estão próximos ao revestimento do lúmen (DIJCK-BROUWER *et al.*, 2022).

A deficiência de iodo e os desequilíbrios entre iodo e selênio estão relacionados ao crescimento e desenvolvimento cerebral prejudicados na infância e o aparecimento de doenças autoimunes da tireoide e câncer (DIJCK-BROUWER *et al.*, 2022). A oferta adequada de selênio contribui com a síntese e o metabolismo eficientes dos hormônios tireoidianos, além de proteger a glândula tireoide contra danos causados pela exposição excessiva ao iodeto (ZIMMERMANN; KÖHRLE, 2002).

Além disso, somados a estes micronutrientes têm-se o ferro, que pode ser avaliado através de indicadores isolados, como hemoglobina quantificando anemia, mas se combinados a outros como ferritina, quantifica a sua relação com o estado nutricional de ferro. Neste estudo, avaliou-se também o ferro com o desfecho, a relação com marcadores de função tireodiana. Estas avaliações buscaram explorar a relação pouco elucidada na literatura.

A deficiência de ferro é um dos distúrbios nutricionais mais comuns em todo mundo, estima-se que anemia afete cerca de um terço da população mundial, especialmente crianças e mulheres em idade reprodutiva (LOPEZ *et al.*, 2016). Em estudo conduzido em uma população rural brasileira foi identificadas prevalências aumentadas de anemia e sua relação com indicadores de insegurança alimentar e nutricional (LOPES *et al.*, 2022). A deficiência de ferro prejudica a síntese, o armazenamento e a secreção dos hormônios tireoidianos. Isso se deve, porque em situações de deficiência de ferro a atividade da peroxidase tireodiana é reduzida (ZIMMERMANN, 2006).

Foram conduzidos ensaios clínicos para compreender melhor esta relação iodo, ferro e função tireodiana. Estes trabalhos demonstram melhoria nos índices de função da tireoide e/ou volume da tireoide em grupos com tratamento combinado com ferro e iodo em comparação com grupos com tratamento apenas com iodo. Estes trabalhos foram conduzidos com crianças ou em áreas com prevalência elevada de bócio (ZIMMERMANN *et al.*, 2002; ZIMMERMANN *et al.*, 2004; EFTEKHARI *et al.*, 2004).

Em uma revisão sistemática e meta-análise conduzida para avaliar a fortificação dupla de sal com ferro e iodo, como uma ferramenta de melhoria nas prevalências de anemia, deficiência de ferro e deficiência de iodo de forma geral. A dupla fortificação, contribuiu especialmente para a melhoria do estado nutricional de

ferro, caracterizando assim a necessidade de mais estudos para compreender como se dá as possíveis relações (LARSON *et al.*, 2021).

Neste estudo, houve diferença quanto aos níveis séricos de hemoglobina entre homens e mulheres. A mediana encontrada corrobora com os achados de Rosenfeld *et al.* (2019), utilizando dados da Pesquisa Nacional de Saúde, onde obteve-se valores de hemoglobina entre homens com média de 14,9 g/dL (13,0-16,9) e entre mulheres de 13,2 g/dL (11,5-14,9).

Outro micronutriente que pode favorecer o bom funcionamento tireoidiano é o zinco (ZIMMERMANN; KÖHRLE, 2002; DOMELLÖF, 2021). Em modelos animais a deficiência de zinco causou uma diminuição nas concentrações séricas de T3 e T4 livre (KRALIK; EDER; KIRCHGESSNER, 1996). O zinco é componente estrutural e funcional de enzimas e proteínas, como as metaloenzimas e metaloproteínas. Este micronutriente participa de diferentes reações metabólicas como: imunidade, defesa antioxidante, crescimento e desenvolvimento celular (MAFRA; COZZOLINO, 2004). Concentrações diminuídas ou aumentadas de zinco podem levar a um enfraquecimento do sistema imunológico, suprimindo a função dos linfócitos e causando expressões anormais de citocinas pró-inflamatórias (FOSTER; SAMMAN, 2012).

A possível relação do zinco com a função tireodiana deve-se ao fato que na via metabólica de produção dos hormônios da tireoide, têm-se que para que o hormônio tireoidiano inativo (T4) se transforme no hormônio ativo (T3), é necessária a presença das deiodinases I e II (DI e DII), as quais são selenoproteínas e dependem também do zinco para um bom funcionamento (LIMA; NAVARRO, 2018).

Assim, esta compreensão permite explorar uma possível interação, entre os parâmetros de avaliação da funcionalidade da tireoide e marcadores de estado nutricional dos micronutrientes. Neste estudo, encontrou correlação entre as concentrações séricas T3 e hemoglobina indicativo para explorar ainda mais as relações entre o estado nutricional de ferro e tireoide. Assim como a relação do aumento dos níveis de TSH e idade.

5. Considerações finais

Destaca-se neste trabalho, a prevalência de alterações nos níveis séricos de marcadores de funcionalidade da tireoide, em especial com desfecho o

hipotireoidismo e alterações que podem trazer repercussões como doenças autoimunes e câncer. Além disso, a dualidade entre deficiência de micronutrientes e excesso estiveram presentes nesta população.

Portanto, há necessidade de mais estudos avaliando a função tireoidiana da população adulta de forma geral, assim como o status de iodo, ferro, selênio e zinco. Assim sendo, deve-se incentivar o aprofundamento das discussões em processos interações entre esses minerais e a função tireoidiana, e com isso possibilitar determinar as implicações para as ações em saúde pública.

Agradecimentos: Ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição. Fontes de Apoio: À Fundação CAPES (Ministério da Educação, Brasil, Código Financeiro 001), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Estado de Minas Gerais, Brasil) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasil (439075/2018-1))

6. Referências

ATA. Associação Americana de Tireoide. Disponível em:

<http://www.thyroid.org/media-main/press-room/> . Acesso dia 04 de janeiro de 2023.

BABIKER, A. *et al.* The role of micronutrients in thyroid dysfunction. **Sudanese journal of paediatrics**, v. 20, n. 1, p. 13, 2020.

CAMPOS, R. O. *et al.* Low urinary selenium levels are associated with iodine deficiency in Brazilian schoolchildren and adolescents. **Endocrine**, p. 1-8, 2021.

CANÇADO, R. D.; CHIATTONE, C. S. Anemia ferropênica no adulto: causas, diagnóstico e tratamento. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, p. 240-246, 2010.

CANDIDO, A. C. *et al.* Análise crítica dos indicadores do estado nutricional de iodo em indivíduos e populações: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, p. 4859-4870, 2021.

ÇELIK, T. *et al.* Iodine, copper, zinc, selenium and molybdenum levels in children aged between 6 and 12 years in the rural area with iodine deficiency and in the city center without iodine deficiency in Hatay. **Turk pediatri arsivi**, v. 49, n. 2, p. 6-111. 2014.

DIJCK-BROUWER, DA Janneke *et al.* Thyroidal and Extrathyroidal Requirements for Iodine and Selenium: A Combined Evolutionary and (Patho) Physiological Approach. **Nutrients**, v. 14, n. 19, p. 3886, 2022.

DOMELLÖF, M. Microminerals: Iron, Zinc, Copper, Selenium, Manganese, Iodine, Chromium and Molybdenum. **Nutritional Care of Preterm Infants**, v. 122, p. 140-148, 2021.

EASTMAN, Creswell J. Screening for thyroid disease and iodine deficiency. **Pathology**, v. 44, n. 2, p. 153-159, 2012.

EFTEKHARI, M. H. *et al.* Effects of administration of iron, iodine and simultaneous iron-plus-iodine on the thyroid hormone profile in iron-deficient adolescent Iranian girls. **European journal of clinical nutrition**, v. 60, n. 4, p. 545-552, 2006.

ESFANDIARI, N. H.; PAPALEONTIOU, M. Biochemical testing in thyroid disorders. **Endocrinology and Metabolism Clinics**, v. 46, n. 3, p. 631-648, 2017.

FOSTER, M.; SAMMAN, S. Zinc and regulation of inflammatory cytokines: implications for cardiometabolic disease. **Nutrients**, v. 4, n. 7, p. 676-694, 2012.

HATCH-MCCHESENEY, A.; LIEBERMAN, H. R. Iodine and iodine deficiency: a comprehensive review of a re-emerging issue. **Nutrients**, v. 14, n. 17, p. 3474, 2022.

IODINE GLOBAL NETWORK. Global Scorecard of Iodine Nutrition in 2021 in the General Population Based on Schoolage Children. Ottawa, Canada: IGN, 2022. (Available at: https://www.ign.org/cm_data/IGN_Global_Scorecard_2021_7_May_2021.pdf). Accessed on 7 Dez 2022.

ISLAM, R. *et al.* The Serological Basis of the Correlation between Iron Deficiency Anemia and Thyroid Disorders in Women: A Community Based Study. **Journal of Pharmaceutical Research International**, p. 69-81, 2021.

JACOBS D.S.; DEMOTT, W.R.; OXLEY, D.K. Jacobs & DeMott Laboratory Test Handbook With Key Word Index. 5th ed. Hudson, OH: Lexi-Comp Inc, 2001.

KANAAN S. Laboratório com interpretações clínicas. 1a ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2019.

KRALIK, A.; EDER, K.; KIRCHGESSNER, M. Influence of zinc and selenium deficiency on parameters relating to thyroid hormone metabolism. **Hormone and metabolic research**, v. 28, n. 05, p. 223-226, 1996.

LARSON, L. M. *et al.* Can double fortification of salt with iron and iodine reduce anemia, iron deficiency anemia, iron deficiency, iodine deficiency, and functional outcomes? Evidence of efficacy, effectiveness, and safety. **The Journal of nutrition**, v. 151, n. Supplement_1, p. 15S-28S, 2021.

LOPES, S.O. *et al.* Factors Associated with Anemia among Adults and the Elderly Family Farmers. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 12, p. 7371, 2022.

LOPEZ, Anthony *et al.* Iron deficiency anaemia. **The Lancet**, v. 387, n. 10021, p. 907-916, 2016.

MA, Z. F. *et al.* Iodine supplementation of mildly iodine-deficient adults lowers thyroglobulin: a randomized controlled trial. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 101, n. 4, p. 1737-1744, 2016.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S. M. F. Importância do zinco na nutrição humana. **Revista de Nutrição**, v. 17, p. 79-87, 2004.

MCPHERSON, R. A.; PINCUS, M. R. *Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods*. 23rd ed. St. Louis, MO: Elsevier, 2017.

MONTEIRO, L. Valores de referência do RDW-CV e do RDW-SD e sua relação com o VCM entre os pacientes atendidos no ambulatório do Hospital Universitário Oswaldo Cruz-Recife, PE. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, p. 34-39, 2010.

NIWATTISAIWONG, S.; BURMAN, K.D.; LI-NG, M. Iodine deficiency: Clinical implications. **Cleve Clin J Med**, v. 84, n. 3, p. 236-244, 2017.

ROSENFELD, L. G. *et al.* Valores de referência para exames laboratoriais de hemograma da população adulta brasileira: Pesquisa Nacional de Saúde. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 22, 2019.

SEGALL-CORRÊA, A. M.; MARIN-LEON, L. A segurança alimentar no Brasil: proposição e usos da Escala Brasileira de Medida da Insegurança Alimentar (EBIA) de 2003 a 2009. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 16, n. 2, p. 1-19, 2009.

TAYLOR, P.N. *et al.* Global epidemiology of hyperthyroidism and hypothyroidism. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 14, n. 5, p. 301-316, 2018.

WHO. World Health Organization. Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity. 2011. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/85839/WHO_NMH_NHD_MNM_11.1_eng.pdf. Acesso dia: 02 de dezembro de 2022.

WHO. World Health Organization. *Physical status: the use and interpretation of anthropometry*. Geneva: World Health Organization; 1995.

WHO. World Health Organization. **Urinary iodine concentrations for determining iodine status in populations**. World Health Organizations, 2013.

ZIMMERMANN, M. B. *et al.* Addition of microencapsulated iron to iodized salt improves the efficacy of iodine in goitrous, iron-deficient children: a randomized, double-blind, controlled trial. **European journal of endocrinology**, v. 147, n. 6, p. 747-753, 2002

ZIMMERMANN, M. B. *et al.* Dual fortification of salt with iodine and micronized ferric pyrophosphate: a randomized, double-blind, controlled trial. **The American journal of clinical nutrition**, v. 80, n. 4, p. 952-959, 2004.

ZIMMERMANN, M. B. The influence of iron status on iodine utilization and thyroid function. **Annu. Rev. Nutr.**, v. 26, p. 367-389, 2006.

ZIMMERMANN, M.B. Iodine and the iodine deficiency disorders. In: **Present knowledge in nutrition**. Academic Press, p. 429-441, 2020.

ZIMMERMANN, Michael B.; KÖHRLE, Josef. The impact of iron and selenium deficiencies on iodine and thyroid metabolism: biochemistry and relevance to public health. **Thyroid**, v. 12, n. 10, p. 867-878, 2002.

5. 6. Artigo original 3

Determinação de iodo em alimentos produzidos por agricultores familiares da Região Geográfica de Viçosa - Minas Gerais/Brasil

Determination of iodine in foods produced by family farmers in the Geographical Region of Viçosa - Minas Gerais/Brazil

Resumo: O iodo é um micronutriente essencial para o bom funcionamento do organismo, atua na formação dos hormônios tireoidianos. O monitoramento do consumo de iodo é uma importante ferramenta para a prevenção de doenças relacionadas. Para a mensuração do conteúdo de iodo na dieta é necessária a utilização de tabelas e informações nutricionais, porém, não estão disponíveis dados de análise dos teores em alimentos produzidos no Brasil que permitam esta avaliação. Como este conteúdo pode sofrer variações ambientais, trabalhar com estimativas de consumo utilizando informações de outros países podem gerar erros. Com isso, o objetivo deste trabalho foi quantificar o conteúdo de iodo nos alimentos produzidos por agricultores familiares da Região Geográfica de Viçosa-Minas Gerais, Brasil. Amostras de alface, couve, feijão, fubá, leite, mel, ovo, pó de café e queijo produzidos e consumidos por agricultores familiares foram coletadas amostras destes alimentos, segundo a disponibilidade, em 306 domicílios de oito cidades da Região Geográfica Imediata de Viçosa (MG/Brasil). O método colorimétrico foi empregado para quantificação de iodo nas amostras de alimentos. As análises dos dados foram realizadas no programa *Statistical Program for Social Science* (SPSS) versão 21.0. Foi verificado se havia diferença na concentração de iodo nos alimentos entre os diferentes cultivares, entre as cidades, e entre as estações do ano utilizando o teste Mann Whitney e Kruskal-Wallis, com comparações múltiplas pelo Teste de Dunn. Foram analisadas ao total 580 amostras de alimentos produzidos pelos agricultores familiares. Não foi encontrada diferença entre os cultivares de alface, couve e feijão. Houve diferença entre as cidades no conteúdo de iodo para ovos ($p \leq 0,001$), queijo ($p=0,028$) e leite ($p=0,001$). Não foi encontrado diferença entre as estações do ano quanto ao conteúdo de iodo na couve e alface. A determinação de iodo nos alimentos produzidos pelos agricultores familiares caracteriza-se como um estudo inicial para a organização da incorporação do iodo como micronutriente que deve ser inserido nas tabelas de composição de alimentos do país e investigado em estudos de consumo alimentar.

Palavras-chaves: Análise de Alimentos, Análise Bromatológica, Iodo, População Rural

Abstract: Iodine is an essential micronutrient for the proper functioning of the organism, it acts in the formation of thyroid hormones. Monitoring iodine consumption is an important tool for preventing related diseases. To measure the iodine content in the diet, it is necessary to use tables and nutritional information, however, there are no analysis data available for the levels in foods produced in Brazil that would allow this assessment. As this content may undergo environmental variations, working with consumption estimates using information from other countries may generate errors.

Thus, the objective of this work was to quantify the iodine content in foods produced by family farmers in the Geographical Region of Viçosa-Minas Gerais, Brazil. Samples of lettuce, cabbage, beans, cornmeal, milk, honey, egg, coffee powder and cheese produced and consumed by family farmers, samples of these foods were collected, according to availability, in 306 households in eight cities in the Immediate Geographical Region of Viçosa (MG/Brazil). The colorimetric method was used to quantify iodine in food samples. Data analyzes were performed using the Statistical Program for Social Sciences (SPSS) version 21.0. It was verified whether there was a difference in the concentration of iodine in the foods between the different cultivars, between the cities, and between the seasons of the year using the Mann Whitney and Kruskal-Wallis test, with multiple comparisons by the Dunn Test. A total of 580 food samples produced by family farmers were analyzed. No difference was found between lettuce, cabbage and bean cultivars. There was a difference between cities in the iodine content of eggs ($p \leq 0.001$), cheese ($p = 0.028$) and milk ($p = 0.001$). No difference was found between the seasons in terms of iodine content in kale and lettuce. The determination of iodine in food produced by family farmers is characterized as an initial study for organizing the incorporation of iodine as a micronutrient that should be included in the country's food composition tables and investigated in food consumption studies.

Keywords: Food Analysis, Bromatological Analysis, Iodine, Rural Population

Introdução

O iodo é um micronutriente essencial para o bom funcionamento do organismo. Ele participa da formação dos hormônios tireoidianos, Tiroxina (T4) e Triiodotironina (T3), importantes para o desenvolvimento dos indivíduos. A ingestão insuficiente deste micronutriente pode acarretar em bócio, cretinismo em crianças, mortalidade infantil, dentre outras enfermidades que podem acometer o desenvolvimento físico e mental do ser humano, sendo considerado a principal causa evitável de danos cerebrais em crianças (BENOIST *et al.*, 2003).

Estratégias utilizadas para o combate a deficiência deste micronutriente levaram os países a desenvolver ações públicas para minimizar as dificuldades de acesso aos alimentos fontes, uma vez que nem toda a população consegue acessar para consumo: ostras, moluscos, mariscos e peixes de água salgada. São também fontes de iodo, leite e ovos, desde que o animal tenha tido uma alimentação com disponibilidade deste nutriente em rações e no solo onde os vegetais que eles consomem são produzidos (ZIMMERMANN; ANDERSSON, 2021).

Os baixos níveis de iodo na água e no solo são comuns em diferentes regiões no mundo, o que pode favorecer o aparecimento de processos de deficiência. Uma alternativa que tem sido amplamente utilizada em todo mundo é a iodação do sal de consumo como uma alternativa para oferta adequada de iodo para a população (JOHNSON, 2003; AZEVEDO *et al.*, 2022; PINTO *et al.*, 2022a).

Em contraposição à deficiência, tem-se a ingestão excessiva de iodo que também pode acarretar no adoecimento dos indivíduos com o aparecimento de doenças como a tireoidite autoimune, câncer na tireoide, dentre outras. Sendo assim, o monitoramento da ingestão de iodo concretizasse com uma importante ação para a prevenção de doenças e promoção da saúde (KIM *et al.*, 2017).

Uma ferramenta útil para o acompanhamento da avaliação do estado nutricional de micronutrientes é a utilização de instrumentos que mensurem o consumo alimentar. Estes instrumentos exigem que sejam utilizados para o seu cálculo, tabelas e informações nutricionais do conteúdo de nutrientes apresentados pelos alimentos. Porém, para avaliação do conteúdo de iodo nos alimentos produzidos no Brasil ainda há uma lacuna, uma vez que não existem dados de análise dos teores de iodo em alimentos (ERSHOW *et al.*, 2018; MILAGRES *et al.*, 2020).

O conteúdo de iodo nos alimentos pode ser influenciado por questões ambientais, como o clima, o solo, concentração de iodo na água, dentre outros (AZEVEDO *et al.*, 2022; PINTO *et al.*, 2022). Portanto, trabalhar com informações do conteúdo de iodo de outros países e regiões podem influenciar em subestimação ou superestimação da concentração de iodo nas regiões. Assim, este artigo teve por objetivo analisar o conteúdo de iodo nos alimentos produzidos por agricultores familiares da Região Geográfica de Viçosa-Minas Gerais, Brasil.

Materiais e métodos

Desenho do estudo e população

O cálculo amostral foi realizado no programa OpenEpi®, de acordo com equação (1):

$$n = \frac{EDFF * Np(1 - p)}{\left(\frac{d^2}{Z^2} - \frac{\alpha}{2(N - 1) + p(1 - 9)}\right)} \quad (1)$$

Considerou-se: para o tamanho da população (n), o total da população rural (IBGE, 2010a) (n=31090); a prevalência (p) de deficiência de iodo de 14,1%, já que não existem dados nacionais de deficiência de iodo em adultos sendo utilizado resultado de prevalência em escolares rurais (SANTOS; CESAR, 2016), erro tolerável (d) de 5%; nível de confiança de 95%; escore padrão de distribuição normal (Z) de 1,96 e efeito do desenho do estudo (EDFF) de 1,5 para amostras aleatórias da zona rural (HIRSCHMANN; GOMES; GONÇALVES, 2018) chegando a um número de 278 indivíduos. Considerando um adicional de 10% para desistência, dados incompletos e controle de fatores de confusão (HIRSCHMANN; GOMES; GONÇALVES, 2018), resultou em uma amostra final de 306 agricultores/propriedades a serem sorteados para serem visitados para a coleta das amostras, segundo proporção de adultos residentes na zona rural da Região Geográfica Imediata de Viçosa, Minas Gerais-Brasil (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição do número de propriedade rurais visitadas por cidades localizadas na Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022.

Municípios	População			Proporção de indivíduos residentes da Zona Rural (%)*	Número de propriedades visitadas nos municípios
	Total	Urbano	Rural		
Cajuri	4047	2096	1951	6	19
Canaã	4628	1859	2769	9	27
Coimbra	7054	5156	1898	6	19
Ervália	17946	9470	8476	27	83
Paulo Cândido	9271	4936	4335	14	43
São Miguel do Anta	6760	3746	3014	10	30
Teixeiras	11355	7623	3732	12	37
Viçosa	72220	67305	4915	16	48

*Levou em consideração o número de indivíduos residentes na zona rural de cada município para cálculo da proporcionalidade

Caracterização da região

A Região Imediata de Juiz de Fora, Minas Gerais-Brasil é composta por 146 municípios, que se divide em 10 Regiões Geográficas Imediatas, abarcando a de Viçosa que corresponde a 12 municípios que estão inserido na Zona da Mata de Minas Gerais. O clima é tropical de altitude e tropical úmido, com temperaturas médias de 18°C.

Caracterização da amostra de alimentos

Para a coleta dos alimentos foram realizadas visitas domiciliares as propriedades dos agricultores familiares sorteados. A escolha dos alimentos a serem analisados foi definida a partir de estudos anteriores realizados na mesma região e a disponibilidade dos alimentos produzidos (DUTRA *et al.*, 2018; LOPES, 2017), sendo eles: alface, couve, feijão, fubá, leite, mel, ovo, pó de café e queijo. Em todos os domicílios visitados era solicitado uma amostra destes alimentos citados, porém nem todo domicilio tinha disponibilidade de produção destes.

As amostras foram coletadas nos domicílios e armazenadas em caixas térmicas transportadas em temperatura ambiente até laboratório de Análise e Química de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa (Brasil) onde foram catalogadas. Todas as amostras foram congeladas e acondicionadas a - 20°C, com exceção das amostras de ovos que ficaram acomodadas sob refrigeração (4 °C) por até 2 dias.

Foi registrada a data da coleta para comparação entre as estações do ano e sua possível interferência na concentração de iodo para as amostras de couve e alface. A escolha destes alimentos se deve ao ciclo de desenvolvimento da planta curto e a coleta realizada diretamente na horta dos agricultores. As amostras foram coletas e analisadas entres os meses de julho de 2021 a agosto de 2022.

Divulgação de padrões éticos

Este estudo faz parte do projeto denominado "Fatores associados a deficiência de iodo em agricultores familiares da Zona da Mata de Minas Gerais", que foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de

Viçosa com parecer número 2.496.986. A participação do voluntário deu-se mediante confirmação posterior a leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Determinação de iodo nos alimentos

Método colorimétrico, proposto por Moxon e Dixon (1980), reconhecido e amplamente validado para análise de iodo em amostras de alimentos com adaptações de Perring, *et. al.* (2001) foi utilizado. A técnica baseia-se na determinação colorimétrica do iodo por meio de seu papel catalítico na destruição de um complexo férrico-tiocianato pelo íon nitrito catalisado pelo iodeto acompanhado do decréscimo na sua coloração avermelhada, com medição das absorvâncias a 454 nm, em espectrofotômetro. A quantificação do conteúdo de iodo presente nas amostras de alimentos é determinada por meio de comparação com uma curva de calibração construída a cada dia de análise

Pré-preparo das amostras de alimentos

Alface e couve foram trituradas em mix, congeladas e posteriormente raladas em ralador doméstico até obter uma pasta, sendo armazenadas em potes de polietileno de 50 mL, retirando-se para análise em duplicata de 0,500 g o restante era congelado á - 20°C

Amostras de feijão e milho foram moídas em moinho de facas “Analítico A11 Basic Mill”, posteriormente peneirados em peneira de inox com abertura de 0,053mm e armazenados em tubos Falcom de 15 mL a -20 °C até o momento das análises.

As amostras de queijo foram maceradas em gral e com pistilo de porcelana 60 ml até obter uma pasta e analisado imediatamente. Retirava-se a amostra em duplicata de 0,500 g e o restante era congelado a – 20°C.

Os ovos refrigerados foram separados da casca e misturados a clara e gema dentro de um pote de polietileno. Para obter uma mistura homogênea, foi feita uma agitação manual por 1 minuto até obter uma gemada da qual prosseguiu-se a análise de iodo imediatamente.

Amostras de fubá, leite, mel e pó de café foram misturados com auxílio de bastão de vidro dentro do próprio pote de coleta antes da sua pesagem para

quantificação de iodo. Retirava-se 0,500 g em duplicata e o restante era congelado em -20°C.

Preparo das amostras

Cerca de 0,5000 g de amostra de alimentos pré-preparados foram pesados em balança analítica em cadinhos identificados, limpos, secos e desmineralizados previamente. Posteriormente, com auxílio de uma pipeta monocal de 1000 µL foi adicionado 1,0 mL de sulfato de zinco 10% e 1,0 mL de carbonato de potássio 30% m/v. Com auxílio de um bastão de vidro foi feita uma mistura até obter uma pasta. O resíduo aderido no bastão de vidro foi lavado com uma pequena porção de água ultrapura e transferido para o cadinho. Em seguida os cadinhos foram colocados em uma estufa regulada a 95°C em aproximadamente 14 horas.

Após a secagem, os cadinhos foram tampados e levados à mufla inicialmente a 100°C, aumentando lentamente até atingir 550 °C e permanecendo nessa temperatura por 60 minutos. Após este tempo os cadinhos eram retirados da mufla com auxílio de uma pinça e, após esfriar, adicionava-se com auxílio de uma pipeta monocal, 1,0 mL da solução de sulfato de zinco 10% nas cinzas escuras. Misturava-se a pasta formada com um bastão de vidro e lavava-se o resíduo deixado na haste em volta do cadinho com um pequeno jato de água ultrapura. Repetia-se o procedimento de secagem em estufa a 95° C por 14 horas, mufla a 550°C por 60 minutos obtendo-se cinzas claras ou brancas.

Após o resfriamento do cadinho, a mistura foi quantitativamente transferida para um balão volumétrico de 50 mL com auxílio de um bastão de vidro e água ultrapura e aferido seu volume. Em seguida, mistura era transferida para tubos Falcon de 15mL e centrifugado a 957 por 5 min na Centrifuga Excelsa II Marca FANEM. O sobrenadante obtido de cada amostra foi utilizado na quantificação de iodo.

Curva analítica de iodo

Preparou-se a solução padrão de iodeto de potássio (KI) pesando, em balança analítica, com auxílio de um béquer de 5 mL e espátula, 0,5232g de KI. Em seguida, o reagente foi dissolvido em água ultrapura e transferido para um balão volumétrico

de 100 mL, posteriormente aferido com água ultrapura e homogeneizado. Obteve-se, uma solução padrão de iodo de $4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Desta solução padrão de iodo de $4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, retirou-se 10 mL, utilizando uma pipeta volumétrica de 10 mL, e transferiu-se para um balão volumétrico de 1000 mL, aferindo-se com água ultrapura e homogeneizado. Obtendo uma solução padrão de iodo de $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Transferiu-se, utilizando uma pipeta volumétrica de 50 mL, 50 mL da solução padrão de iodo de $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para um balão volumétrico de 1000 mL, aferido com água ultrapura e homogeneizado. Obteve-se, solução padrão de iodo de $2000 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Desta solução padrão de iodo de $2000 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ foram pipetadas em balões volumétricos de 100 mL, 0,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 e 12,0 mL. Em seguida, era adicionado 1 mL da solução de carbonato de potássio a 30% m/v em cada tubo e aferiu-se com água ultrapura. Transferindo o conteúdo de cada balão para os frascos âmbar onde cada um continham uma concentração final de 0,0; 40,0; 80,0; 120,0; 160,0; 200,0 e 240,0 $\mu\text{g}/\text{L}$, para obter as soluções padrões de iodo de uso.

Em uma série de tubos Falcon de 15 mL foram pipetados com auxílio de uma micropipeta monocal de $10.000 \mu\text{L}$, 0,5 mL da solução padrão de uso e 4,5 mL de água ultrapura. Na sequência, foi adicionado, utilizando uma micropipeta, 1,0 mL de solução de tiocianato de potássio (0,023 %m / v), com uma micropipeta monocal de $10.000 \mu\text{L}$ foi acrescido 2,0 mL de solução de sulfato de amônio férrico (7,7% m/v em HNO_3 $2,0 \text{ mol L}^{-1}$) e 2,0 mL de solução de nitrito de sódio (0,02 % m / v) resultando em um volume total de 10 mL na reação, com concentração de iodo de 0, 2, 4, 6, 8, 10 e $12 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. Os tubos eram levados para agitação vórtex e colocados em banho termostático a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ por 60 minutos. Em seguida, os tubos eram colocados em banho de gelo por 10 minutos.

Posteriormente, eram feitas as leituras da absorbância a 454 nm num espectrofotômetro Raileigh, à temperatura ambiente, previamente zerado com água ultrapura. Uma curva analítica de absorbância a 454 nm versus concentração de iodo (μg de iodo L^{-1}) foi construída e por regressão linear foi obtida uma equação da reta para quantificação de iodo. As soluções padrão de iodo da curva analítica variaram de 0 a $12,0 \mu\text{g}$ de iodo L^{-1} . A curva analítica foi feita em duplicata.

Todos os reagentes utilizados foram da marca Sigma Aldrich®, de elevada pureza analítica. As soluções e reagentes foram preparados utilizando água ultrapura

obtida por sistema Milli-Q®185 de água ultrapura tipo 1, equipamento PURELAB Classic com resistividade de 18,2MΩ/cm, a 25°C.

Determinação de iodo nos alimentos

Em tubos Falcon de 15 mL foram pipetados 1,0 mL do sobrenadante obtido da centrifugação das amostras e 4,0 mL de água ultrapura. A seguir, o mesmo procedimento foi aplicado com a sequência de adição dos reagentes, até leitura da absorbância a 454 nm em temperatura ambiente, num espectrofotômetro previamente zerado com água ultrapura. Todas as análises foram realizadas em duplicata, e a concentração média de iodo expressa em µg/L.

Análise estatística

As análises dos dados foram realizadas no programa *Statistical Program for Social Science (SPSS)* versão 21.0. Foram realizadas estatísticas descritivas apresentando valores medianos, mínimos e máximos para a descrição da concentração de iodo nos alimentos. Para avaliação da normalidade dos dados foi utilizado o teste de Kolmogorov–Smirnov. Trabalhou-se com testes não paramétricos. Foi verificado se havia diferença na concentração de iodo nos alimentos entre os diferentes cultivares, entre os municípios e entre as estações do ano quando coletados os alimentos, utilizando o teste Mann Whitney ou Kruskal-Wallis, com comparações múltiplas pelo Teste de Dunn. Foi considerado valores significantes de $p < 0,05$.

Resultados

Foram analisados 580 alimentos, segundo distribuição da Tabela 2. Não houve diferença no conteúdo de iodo entre os alimentos que apresentaram diferentes cultivares: feijão ($p=0,089$), couve ($p=0,220$) e alface ($p=0,245$) (Tabela 3).

Tabela 2. Número de amostras analisadas segundo cultivares ou classificações de alimentos produzidos por agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022.

Alimentos	Número total de amostras analisadas
Alface crespa (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>crispa</i>)	31
Alface lisa (<i>Lactuca sativa</i>)	12
Couve crespa (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>sabellica</i>)	09
Couve manteiga (<i>Brassica oleracea</i>)	54
Feijão preto (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	12
Feijão carioca (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	50
Feijão vermelho (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	66
Feijão outros	09
Fubá (<i>Zea mays</i>)	36
Leite	60
Mel	12
Ovo	174
Pó de café (<i>Coffea arabica</i>)	44
Queijo (“Minas frescal”)*	11

* O Queijo Minas Frescal é um queijo semi-gordo, de muito alta umidade, a ser consumido fresco, de acordo com a classificação estabelecida no 'Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos (BRASIL, 2004)

Tabela 3. Mediana, mínimo, máximo, média e desvio padrão da concentração de iodo em µg por 100 gramas de alimentos crus produzidos por agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022.

Alimentos	Mediana de iodo (Mínimo e Máximo) (µg/100g)	Média de iodo ± DP (µg/100g)
Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	23,20 (14,82 – 52,12)*	26,26 ± 14,86
Couve (<i>Brassica oleracea</i>)	23,13 (14,39 – 54,93)*	26,12 ± 14,80
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	22,00 (2,38 – 71,00)**	25,23 ± 15,91
Fubá (<i>Zea mays</i>)	21,29 (2,61– 74,52)	24,92 ± 15,50
Leite	21,22 (4,08 – 62,86)	23,40 ± 14,29
Mel	21,25 (0,00 – 49,17)	23,54 ± 14,25
Ovo	20,68 (0,16 – 77,16)	22,83 ± 14,01
Pó de café (<i>Coffea arabica</i>)	22,46 (1,00 – 82,11)	25,80 ± 14,83
Queijo (“Minas frescal”)	22,15 (13,62 – 59,91)	23,63 ± 10,13

*Não houve diferença entre os cultivares pelo teste de Mann-Whitney ($p > 0,05$); ** Não houve diferença entre os cultivares pelo teste de Kruskal-Wallis ($p > 0,05$)

Comparando as medianas da concentração de iodo (µg) por 100 gramas de alimentos produzidos por agricultores familiares não foi encontrado diferença entre os municípios para alface ($p=0,249$), couve ($p=0,176$), feijão ($p=0,089$), fubá ($p=0,090$), mel ($p=0,076$) e pó de café ($p=0,106$) (Tabela 4).

Foi encontrado diferenças nas concentrações de iodo nos ovos entre os municípios de São Miguel do Anta e Viçosa ($p=0,037$), São Miguel e Coimbra ($p=0,036$), São Miguel e Canaã ($p=0,001$), Teixeiras e Viçosa ($p=0,023$), Teixeiras e Coimbra ($p=0,036$) e Teixeiras e Canaã ($p=0,001$). Para as amostras de queijo houve diferença entre os municípios de Viçosa e Ervália ($p=0,031$). Houve diferença também quanto ao teor de iodo no leite entre as cidades de Cajuri e Ervália ($p=0,009$), Cajuri e Teixeiras ($p=0,033$) e Cajuri e Canaã ($p=0,009$) (Tabela 4).

Não foi encontrado diferença entre as estações no ano quanto ao teor de iodo na couve ($p=0,265$) e alface ($p=0,224$).

Tabela 4. Comparação entre as medianas da concentração de iodo em μg por 100 gramas de alimentos crus produzidos por agricultores familiares, segundo cidade de origem da Região Geográfica Imediata de Viçosa-Brasil, 2022.

Localização	Alimentos								
	Mediana da concentração de iodo (Mínimo e Máximo) ($\mu\text{g}/100\text{g}$)								
	Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	Couve (<i>Brassica oleracea</i>)	Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Fubá (<i>Zea mays</i>)	Leite	Mel	Ovo	Pó de café (<i>Coffea arabica</i>)	Queijo
Cajuri	34,01 ^a (30,42 – 37,60)	29,89 ^a (20,53 – 44,39)	27,91 ^a (15,73 – 50,84)	17,86 ^a -	56,89 ^a (48,43 – 62,86)	-	18,91 ^a (6,49 – 77,16)	48,99 ^a (25,32 – 77,24)	-
Canaã	22,46 ^a (16,26 – 32,41)	32,56 ^a (30,33 – 42,73)	26,73 ^a (6,74 – 67,38)	50,39 ^a (14,14 – 55,99)	25,67 ^{ab} (20,78 – 35,25)	-	30,33 ^{bde} (11,07 – 46,91)	24,03 ^a (12,26 – 76,76)	29,36 ^a (25,39 – 33,34)
Coimbra	24,14 ^a (19,77 – 40,74)	19,74 ^a (14,39 – 33,28)	30,95 ^a (11,00 – 64,98)	12,14 ^a -	54,10 ^a (31,57 – 56,99)	-	29,03 ^{cde} (4,37 – 49,55)	27,13 ^a (24,83 – 29,44)	-
Ervália	21,60 ^a (14,82 – 44,47)	21,23 ^a (17,08 – 38,61)	28,95 ^a (9,17 – 71,00)	15,91 ^a (2,65 – 74,52)	9,49 ^{ac} (4,08 – 22,97)	4,49 ^a (0,00 – 10,20)	18,94 ^a (2,22 – 59,74)	33,97 ^a (17,88 – 82,11)	17,21 ^{bc} (13,62 – 22,46)
Paula	34,71 ^a (20,12 – 39,03)	35,56 ^a (19,78 – 37,56)	20,32 ^a (2,38 – 33,39)	17,02 ^a (11,23 – 24,26)	22,62 ^a (21,93 – 27,00)	32,60 ^a -	22,99 ^a (11,30 – 46,85)	37,78 ^a (34,66 – 51,14)	-
São Miguel do Anta	28,06 ^a -	25,22 ^a -	22,04 ^a (3,57 – 37,01)	17,32 ^a (11,50 – 27,11)	13,03 ^a (6,80 – 32,91)	7,74 ^a -	10,68 ^{dbcf} (7,85 – 12,65)	20,98 ^a (17,11 – 24,85)	-
Teixeiras	38,89 ^a (30,94 – 52,12)	40,00 ^a (19,25 – 54,93)	6,17 ^a (5,06 – 29,50)	8,32 ^a (5,25 – 11,38)	17,88 ^{ad} (8,67 – 22,44)	7,94 ^a -	13,06 ^{ebcf} (6,77 – 24,02)	33,55 ^a (26,78 – 40,33)	19,21 ^a -
Viçosa	26,00 ^a (15,77 – 44,26)	33,63 ^a (23,19 – 45,02)	17,16 ^a (4,80 – 40,49)	12,64 ^a (2,61 – 39,96)	20,25 ^a (12,67 – 34,66)	45,32 ^a (37,84 – 49,17)	23,68 ^{fde} (0,16 – 36,99)	19,58 ^a (1,00 – 72,11)	35,16 ^{bc} (32,42 – 59,91)

- = não tem informação para o cálculo da mediana ou informação daquela cidade; A mediana seguida de letras iguais não difere ($p > 0,05$) pelo teste de Kruskal-Wallis; A mediana seguida de letras diferentes difere ($p \leq 0,05$) pelo teste de Kruskal-Wallis

Discussão

O iodo é um nutriente importante para o bom funcionamento endócrino, uma vez que, é componente dos hormônios tireoidianos e deve ser obtido através de fontes dietéticas. A disponibilidade do conteúdo de iodo de forma natural nos alimentos se deve a fatores geográficos, a depender do conteúdo de iodo no solo, água, estação climática e ambiente. Portanto, o teor de iodo nos alimentos pode variar resultando em animais e plantas com deficiência ou excesso de iodo (ROHNER *et al.*, 2014; AZEVEDO *et al.*, 2022; PINTO *et al.*, 2022b).

Neste estudo foi analisado a concentração de iodo dos alimentos frequentemente disponíveis nos domicílios, advindos da produção dos agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa, (MG/Brasil) sendo observadas diferenças no conteúdo de iodo entre as cidades para os alimentos de origem animal, com exceção do mel, sendo eles: leite, queijo e ovos. Já para os alimentos de origem vegetal, não houve diferença entre as cidades. Sugere-se, pela não diferença quanto ao conteúdo de iodo nos alimentos de origem vegetal e mel entre as cidades, a utilização de um valor mediano para cada alimentos podendo ser: Alface (27,03 µg/100g), Couve (31,23 µg/100g), Feijão (24,39µg/100g), Fubá (16,47µg/100g), Mel (7,94 µg/100g) e Pó de Café (30,34 µg/100g).

A não diferença entre os municípios quanto ao teor de iodo nos alimentos de origem vegetal, o que pode ser devido à proximidade geográfica, conferindo semelhança na disponibilidade ambiental para as plantas. Também não foi observado diferença entre os cultivares de alface, couve e feijão, o que se deve as poucas variações de conteúdo de nutrientes entre os cultivares não apenas para o iodo, mas outros nutrientes investigados na literatura, com exceção para o conteúdo de ferro nos feijões (LUJÁN *et al.*, 2008; PAIXÃO; DE MELO 2020).

Como o teor de iodo nos alimentos pode sofrer influência de diferentes fatores, compreender como se comporta estes no processo de disponibilização de iodo se caracteriza como uma ação importante em saúde. A exemplo, tem-se a água que pode ter o teor de iodo variável sendo influenciado pelo solo, proximidade com o mar e escoamento agrícola. É também fator que pode influenciar no conteúdo de iodo nos alimentos, a utilização de fertilizantes contendo iodo (ERSHOW *et al.*, 2018).

Em contraponto, a concentração de iodo dos alimentos de origem animal, podem sofrer modificações de acordo com a dieta que lhe é ofertada e forma de

manejo (ROSELAND *et al.*, 2020). Segundo Ershow *et al.* (2018), os suplementos alimentares são frequentemente fornecidos aos animais como prática no manejo da criação, buscando garantir saúde, resultados reprodutivos e de ganho de peso, em gado leiteiro e de corte, ovinos, caprinos e aves. Além de garantir uma alimentação adequada para o animal, têm-se também, a necessidade da utilização de substância a base de iodo, conhecidas como iodóforos que são utilizadas para a limpeza dos úberes das vacas e pode ser transferido para o leite caso a higienização não tenha ocorrido de forma correta.

Somados a isso, podem ocorrer também alteração no teor de iodo dos alimentos de origem animal devido a utilização na preparação, o sal iodado. A exemplo, temos o queijo uma preparação a base de leite cru, coalho (composto de quimosina e a pepsina) e sal que pode sofrer influência da quantidade de adição de sal na massa para o preparo. Isso porque culturalmente no preparo deste alimento, utiliza-se o sal para tempero e este pode ser influenciado pelo teor de iodo disponível na sua composição

Comparando estes resultados com o trabalho de Milagres *et al.* (2020), onde foi realizado uma compilação de dados quanto ao teor de iodo nos alimentos em diferentes tabelas e países, pode-se observar que as medianas deste estudo foram maiores. Entretanto, quando se analisa os valores mínimos e máximos do copilado de estudos, este trabalho tem medianas incluídas nestes intervalos. Isso se deve a variações geográficas no conteúdo de iodo que podem ser semelhantes às encontradas na Região Geográfica Imediata de Viçosa.

O resultado das análises do conteúdo de iodo deste estudo corrobora com os achados na tabela do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) (2022), mesmo não trabalhando com a mesma forma analítica, uma vez que a tabela da USDA utiliza a espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente (ROSELAND *et al.*, 2022). A existência de regiões semelhantes em termos de teor de iodo nos alimentos, reforça a importância em trabalhar características que as assemelham como o conteúdo de iodo na água, estratégias semelhantes de produção de alimentos, análises biogeoquímicas de solo, dentre outras.

Uma temática neste contexto, que tem ganhado destaque são os estudos com estratégias de biofortificação de alimentos, dados por exemplo, práticas de manejo de solo ofertando o iodo, o que poderia contribuir no maior aporte deste nutriente nos

alimentos (DUBORSKÁ; URÍK; ŠEDA, 2020). Porém, estas práticas requerem um estudo mais aprofundados de questões epidemiológicas envolvendo o processo de deficiência deste micronutrientes, uma vez que, há um contraponto numa mesma população, com quadros de deficiência e excesso de iodo.

Como limitação deste estudo foi a utilização de alimentos crus para análise e não cozidos. Porém, optou-se por esta técnica uma vez que não há na literatura brasileira estudos similares, podendo posteriormente sendo futuramente discutidas questões como a concentração de iodo em alimentos crus e cozidos diferenças regionais do conteúdo de iodo.

Este é o primeiro estudo que analisa a concentração de iodo nos alimentos brasileiros e tem uma amostra representativa da Região Geográfica Imediata de Viçosa – MG/ Brasil, de alimentos produzidos por agricultores familiares. Este poderá ainda auxiliar em processos de análise e orientação quanto ao teor de iodo em estudos futuros e práticas de incentivo a alimentos fontes.

Considerações finais

A determinação de iodo nos alimentos produzidos pelos agricultores familiares caracteriza-se como um estudo inicial para a organização da incorporação do iodo como micronutriente que deve ser investigado também nos estudo de consumo brasileiros. Devem ser considerados também os fatores que podem afetar a variabilidade entre países e dentro do país no teor de iodo dos alimentos isso ainda contribuirá com a comparação entre as regiões em estudo futuros havendo a possibilidade de análise de solo.

Agradecimentos: Ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição. Fontes de Apoio: À Fundação CAPES (Ministério da Educação, Brasil, Código Financeiro 001), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Estado de Minas Gerais, Brasil) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasil (439075/2018-1))

Referências

AZEVEDO, F. M. *et al.* Correlation Between Drinking Water and Iodine Status: a Systematic Review and Meta-analysis. **Biological Trace Element Research**, p. 1-10, 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 4, de 1 de março de 2004. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2020/12/IN-04-2004-MAPA.pdf>. Acesso dia 8 de agosto de 2022.

BENOIST, B. *et al.* Prevalence of iodine deficiency worldwide. **The Lancet**, v. 362, n. 9398, p. 1859-1860, 2003.

DUBORSKÁ, E.; URÍK, M.; ŠEDA, M. Iodine biofortification of vegetables could improve iodine supplementation status. **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 1574, 2020.

DUTRA, L. V. *et al.* Contribution of the production for self-consumption to food availability and food security in households of the rural area of a Brazilian city. **Ecology of food and nutrition**, v. 57, n. 4, p. 282-300, 2018.

ERSHOW, A. G. *et al.* Development of databases on iodine in foods and dietary supplements. **Nutrients**, v. 10, n. 1, p. 100, 2018.

JOHNSON, C. C. The geochemistry of iodine and its application to environmental strategies for reducing the risk from iodine deficiency disorders (IDD). 2003.

KIM, H. J. *et al.* Strong association of relatively low and extremely excessive iodine intakes with thyroid cancer in an iodine-replete area. **European journal of nutrition**, v. 56, n. 3, p. 965-971, 2017.

LUJÁN, D. L.B. *et al.* Variedades de feijão e seus efeitos na qualidade protéica, na glicemia e nos lipídios sanguíneos em ratos. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 142-149, 2008.

MILAGRES, R. C. R. de M. *et al.* Food Iodine Content Table compiled from international databases. **Revista de Nutrição**, v. 33, 2020.

MOXON, R. E. D.; DIXON, E. J. Semi-automatic method for the determination of total iodine in food. **Analyst**, v. 105, n. 1249, p. 344-352, 1980.

PAIXÃO, M. V. S.; DE MELO, W. H. M. Disponibilidade de ferro em diferentes espécies de feijões cultivadas na região de Adustina-BA. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 2, p. 163-170, 2020.

PERRING, L. BASIC-DVORZAK, M.; ANDREY, D. Colorimetric determination of inorganic iodine in fortified culinary products. **Analyst**, v. 126, n. 7, p. 985-988, 2001.

PINTO, C. A. *et al.* Iodine Concentration in Brazilian Drinking Water and Its Possible Contribution to Iodine Intake for Different Physiological Groups. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 2022, 2022.a

PINTO, C. A. *et al.* Iodine Concentration in Drinking Water in the Same or Different Seasons of the Year in Brazilian Macroregions. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 2022, 2022.b

ROHNER, Fabian *et al.* Biomarkers of nutrition for development—iodine review. **The Journal of nutrition**, v. 144, n. 8, p. 1322S-1342S, 2014.

ROSELAND, J. M. *et al.* USDA, FDA, and ODS-NIH Database for the Iodine Content of Common Foods. 2022.

SANTOS, I.S.; CESAR, J.A. Pesquisa Nacional para Avaliação do Impacto da Iodação do Sal (PNAISAL). Pelotas, 2016. 31p. Disponível em: http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/documentos/pnaisal_relatorio_final.pdf. Acesso: 04 de novembro de 2022.

ZIMMERMANN, M. B.; ANDERSSON, M. GLOBAL ENDOCRINOLOGY: Global perspectives in endocrinology: coverage of iodized salt programs and iodine status in 2020. **European Journal of Endocrinology**, v. 185, n. 1, p. 13-21, 2021.

Apêndice 1. Curvas de calibração utilizadas para análises de alimentos

A. Curva analítica - 24/07/2021			
Iodo (µg)	Abs a 454 nm		
	R1	R2	Média
0	0,590	0,572	0,581
2	0,503	0,517	0,510
4	0,443	0,444	0,444
6	0,368	0,371	0,370
8	0,305	0,316	0,311
10	0,229	0,266	0,248
12	0,182	0,169	0,176

B. Curva analítica - 27/08/2021			
Iodo (µg)	Abs a 454 nm		
	R1	R2	Média
0	0,548	0,582	0,565
2	0,458	0,472	0,465
4	0,404	0,393	0,399
6	0,341	0,343	0,342
8	0,239	0,226	0,233
10	0,191	0,174	0,183
12	0,122	0,136	0,129

C. Curva analítica - 09/09/2021			
Iodo (µg)	Abs a 454 nm		
	R1	R2	Média
0	0,607	0,603	0,605
2	0,542	0,520	0,531
4	0,458	0,456	0,457
6	0,384	0,390	0,387
8	0,304	0,304	0,304
10	0,233	0,244	0,239
12	0,149	0,183	0,166

D. Curva analítica - 25/01/2022			
Iodo (µg)	Abs a 454 nm		
	R1	R2	Média
0	0,685	0,691	0,688
2	0,622	0,623	0,623
4	0,554	0,557	0,556
6	0,488	0,487	0,488
8	0,410	0,419	0,415

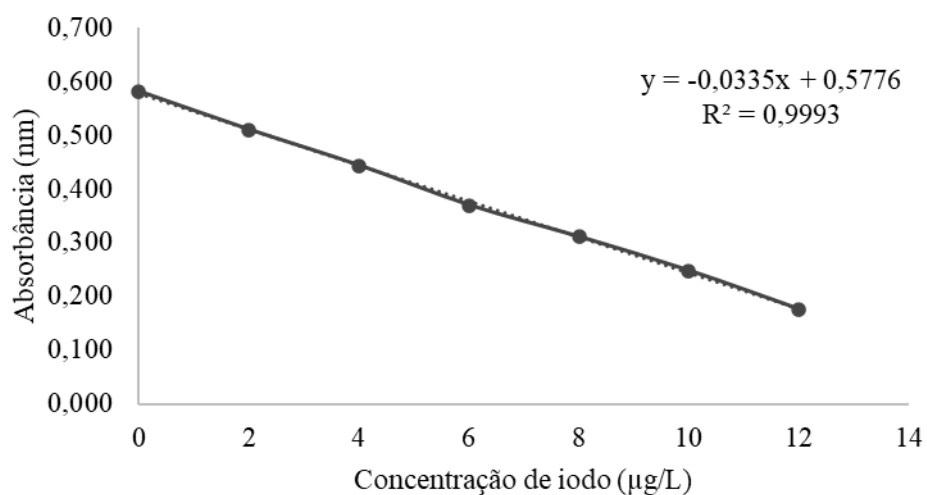
10	0,346	0,349	0,348
12	0,296	0,300	0,298

E. Curva analítica - 18/06/2022

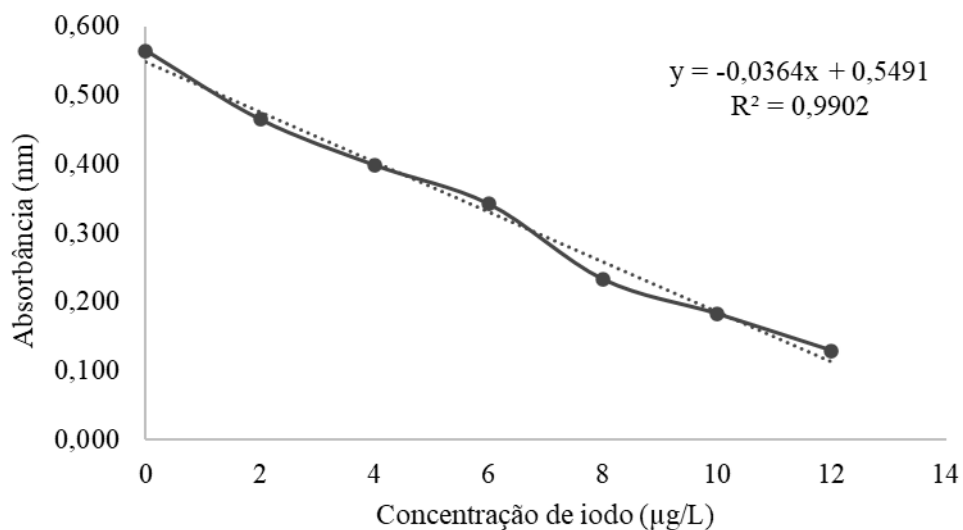
Iodo (μg)	Abs a 454 nm		
	R1	R2	Média
0	0,721	0,726	0,724
2	0,671	0,677	0,674
4	0,621	0,614	0,618
6	0,571	0,577	0,574
8	0,491	0,520	0,506
10	0,436	0,474	0,455
12	0,405	0,404	0,405

F. Curva analítica - 16/08/2022

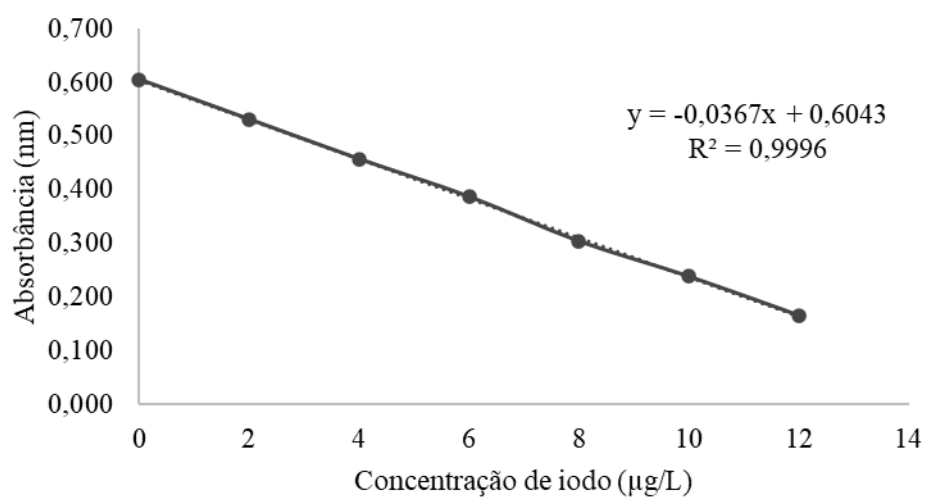
Iodo (μg)	Abs a 454 nm		
	R1	R2	Média
0	0,751	0,737	0,744
2	0,679	0,689	0,684
4	0,614	0,627	0,621
6	0,573	0,569	0,571
8	0,507	0,494	0,501
10	0,422	0,428	0,425
12	0,364	0,382	0,373



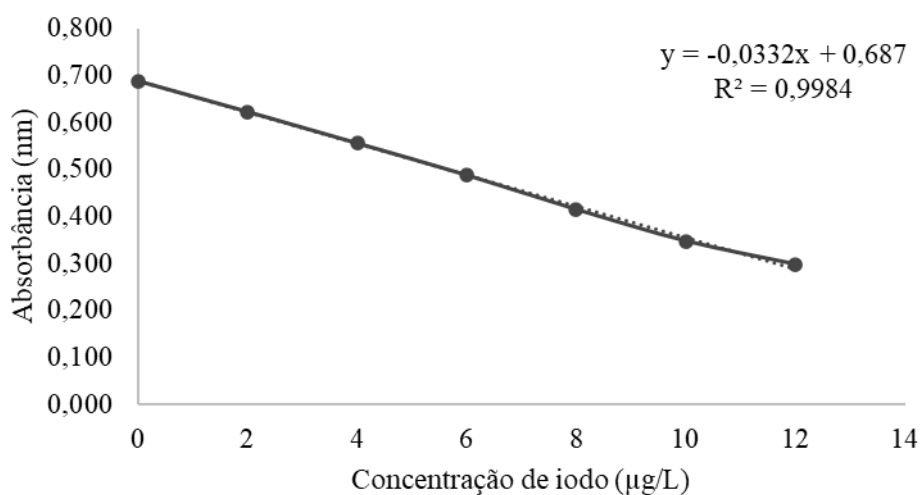
A. Curva analítica – 09/09/2021



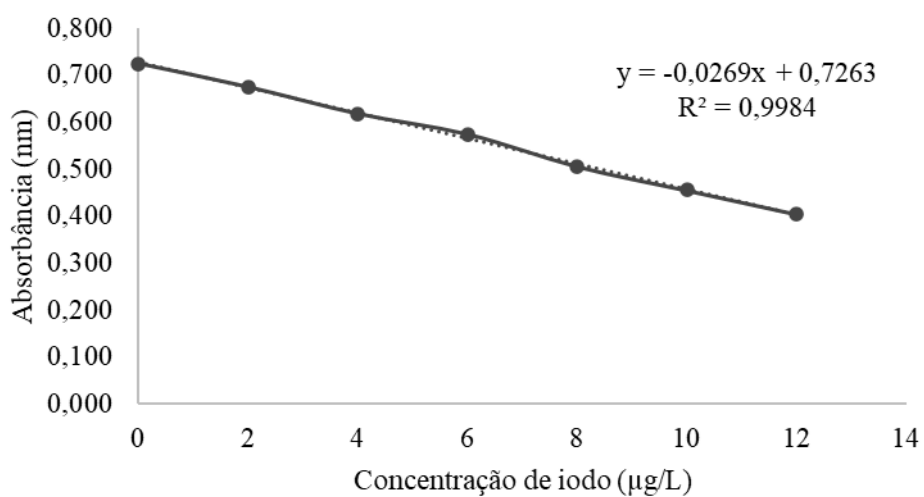
B. Curva analítica - 27/08/2021



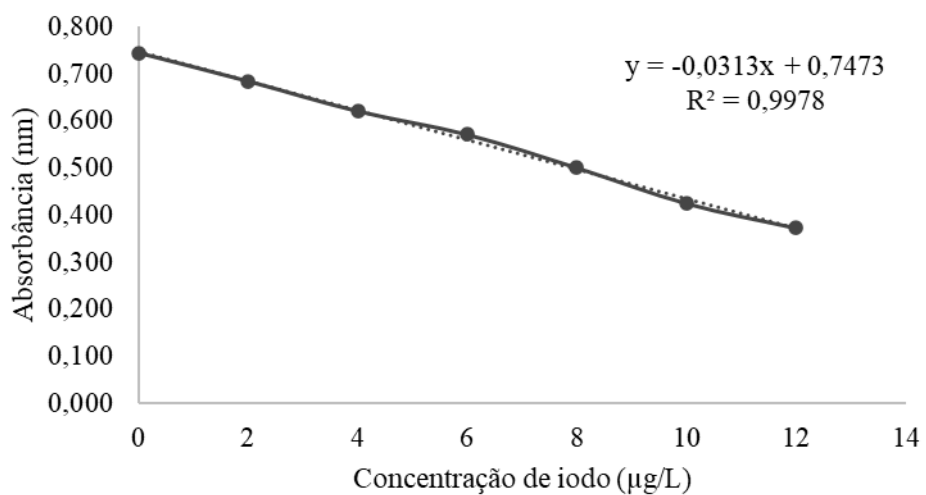
C. Curva analítica - 24/07/2021



F. Curva analítica – 25/01/2022



E. Curva analítica – 18/06/2022



D. Curva analítica – 16/08/2022

6. CONCLUSÕES GERAIS

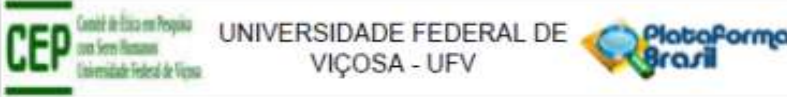
O iodo é um micronutriente essencial para o metabolismo e conseqüentemente para a vida. Existe uma grande disparidade no seu consumo no Brasil e do mundo, que faz com que ocorra a dualidade, entre deficiência e excesso em uma mesma população. Isso porque, podem estar relacionados fatores sociais, econômicos, estilo de vida, metabólicos e ambientais, o que torna ainda mais complexa as ações pontuadas para a manutenção do estado nutricional de iodo adequado.

Há complexidade no processo de avaliação do estado nutricional de iodo e possíveis fatores associados, exige que ocorra um constante monitoramento do impacto da iodação do sal na saúde da população. Além de, desenvolver ações educativas incentivando uma alimentação saudável. Há que se considerar que existem grupos prioritários no que tange a avaliação de deficiências, especialmente crianças e gestantes, porém neste estudo exemplifica a necessidade de uma avaliação considerando a população e outros estratos etários, como adultos.

Ainda, há de considerar a prevalência de alterações nos níveis séricos de marcadores de funcionalidade da tireoide, em especial com desfecho o hipotireoidismo e alterações que se não tratadas podem gerar doenças autoimunes e câncer. Esses são problemas, que os gestores em saúde terão que fazer um esforço para a melhoria do estado nutricional de iodo e de outros micronutrientes como ferro, selênio e zinco que participam da via de formação dos hormônios tireoidianos.

Não há uma estratégia única para solucionar os problemas de deficiência e excesso de micronutrientes, deve ser estruturado uma ação conjunta. Além de, este monitoramento ser associado a avaliações de consumo destes micronutrientes. Conhecer as concentrações de iodo nos alimentos que fazem parte da alimentação de famílias agriculturas brasileiras pode ser uma forma de compreender questões que impactam no estado nutricional de iodo, como solo, água e concentração nos alimentos produzidos por eles.

Apêndice 1. Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: FATORES ASSOCIADOS À DEFICIÊNCIA DE IODO EM AGRICULTORES FAMILIARES DA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

Pesquisador: Sílvia Eloiza Priore

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 18180819.7.0000.5153

Instituição Proponente: Departamento de Nutrição e Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

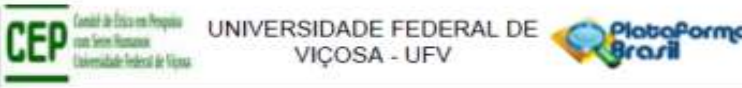
Número do Parecer: 4.664.517

Apresentação do Projeto:

Conforme resumo apresentado no formulário online da Plataforma (CAAE: 18180819.7.0000.5153, com Emenda submetida em 12/03/2021 versão 3).

Trata-se de pedido de emenda sob a seguinte justificativa: "Seguindo as "Orientações para procedimentos em pesquisa com qualquer etapa em ambiente virtual", publicado pelo Ministério da Saúde via Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, de 24 de fevereiro de 2021, Solicitamos esta Emenda uma vez que a etapa de aplicação do questionário do projeto aprovado (Número do Parecer: 3.668.890) intitulado "FATORES ASSOCIADOS À DEFICIÊNCIA DE IODO EM AGRICULTORES FAMILIARES DA ZONA DA DE MINAS GERAIS" sofrerá modificação, ela seria aplicada presencialmente, porém devido a pandemia pelo Sars-CoV-2 (COVID 19) será via telefone, buscando minimizar o contato dos pesquisadores com os voluntários.

O contato inicial com os participantes ocorrerá para aplicação do questionário por via telefone, por



Continuação do Parecer: 4.664.517

Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos para o encerramento de todo o protocolo na Plataforma Brasil.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_171679_0_E1.pdf	12/03/2021 10:19:41		Aceito
Outros	EMENDA.docx	12/03/2021 10:15:02	Sílvia Eloiza Priore	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_modificado.docx	17/09/2019 16:42:54	Sílvia Eloiza Priore	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_modificado.docx	17/09/2019 16:42:35	Sílvia Eloiza Priore	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	carta_resposta_pendencias.docx	17/09/2019 16:42:10	Sílvia Eloiza Priore	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_modificado.docx	17/09/2019 16:39:54	Sílvia Eloiza Priore	Aceito
Outros	Questionario.docx	24/07/2019 09:50:19	Sílvia Eloiza Priore	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Autorizacao_EMATER.docx	12/07/2019 16:48:18	Sílvia Eloiza Priore	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	12/07/2019 16:46:44	Sílvia Eloiza Priore	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 22 de Abril de 2021

Assinado por:
Guilherme de Azambuja Pussieldi
(Coordenador(a))

Apêndice 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**Nome:** _____ **Telefone:** (__) _____**Endereço:** _____

O Sr.(a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “FATORES ASSOCIADOS À DEFICIÊNCIA DE IODO EM AGRICULTORES FAMILIARES DA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS”. É uma pesquisa executada pela estudante de doutorado em Ciência da Nutrição da Universidade Federal de Viçosa, Sílvia Oliveira Lopes e tem como objetivo analisar os fatores associados à deficiência de iodo na população adulta e idosa no meio rural. Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: entrevista por telefone onde serão perguntadas informações quanto a questões socioeconômicas e demográficas, consumo e disponibilidade alimentar. Além de avaliação do estado nutricional auto relatado: peso e estatura. Será solicitado uma amostra do sal de cozinha do tempero utilizado no preparo dos alimentos, água de consumo do domicílio e urina do morador analisado. Em conjunto com essas avaliações será realizada a coleta de sangue para avaliação de possível contaminação por agrotóxico, assim como estado nutricional de iodo. Esta coleta de sangue somente será realizada se respeitar todas as condições higiênico-sanitárias e de segurança necessárias para manipulação do sangue, garantindo proteção ao voluntário, e ao pesquisador, principalmente pelo uso de materiais estéreis e descartáveis. O voluntário será informado, que se sentir constrangido(a) ou intimidado em responder alguma pergunta, ou submeter às avaliações em qualquer uma das etapas deste estudo, não será obrigado a responder ou participar e nem há necessidade de justificativa. Além disso, a qualquer momento, poderá solicitar novas informações sobre a pesquisa ou retirar o consentimento e interromper a participação. É garantido que a participação ou recusa não causará problema ou perda de benefícios já conquistados, pois a identidade será mantida em sigilo e o nome não será divulgado. Depois de obtidas todas as informações, o voluntário receberá todos os resultados e esclarecimento sobre a situação de saúde, além de orientação nutricional e encaminhamento a outros profissionais de saúde do município, caso necessário. Nesta pesquisa não há nenhuma remuneração financeira pela participação. Não será realizado nenhum tipo de intervenção que possa causar danos à saúde. O(A) Sr.(a) não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar. Seu nome ou o material que indique sua participação não serão liberados sem a sua permissão. Este termo de consentimento será lido e aceite relatado arquivado pelo pesquisador responsável, no Laboratório de Avaliação Nutricional (Departamento de Nutrição e Saúde/ UFV). Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de cinco anos após o término da pesquisa. Depois desse tempo, os mesmos serão destruídos. Por tudo isso, concordo em participar desse estudo e autorizo que os resultados do questionário assim como as avaliações do estado nutricional, as dosagens de sanguíneas, a qualidade da minha alimentação fiquem disponíveis para equipe envolvida na pesquisa e poderão ser publicados com a finalidade de divulgação das informações científicas, desde que o sigilo de meu nome seja garantido. Esse consentimento solicitado pela pesquisadora deve-se ao fato de que a Resolução do Conselho Nacional de Saúde 466/2012, do Ministério da Saúde, exige essa autorização dos entrevistados antes de iniciar a pesquisa. Em caso de

procedimentos ou irregularidades de natureza ética posso buscar auxílio junto ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa- CEP/UFV no seguinte endereço e contatos:

Eu _____, fui informado(a) dos objetivos da pesquisa “FATORES ASSOCIADOS À DEFICIÊNCIA DE IODO EM AGRICULTORES FAMILIARES DA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS” de maneira clara e detalhada, e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Declaro que concordo em participar. Foi dado a mim a oportunidade de esclarecer minhas dúvidas.

Em caso de dúvidas, posso entrar em contato com a responsável pela pesquisa, Prof. Sílvia Eloíza Priore pelo telefone: (31) 3899-2180 e por e-mail: sepriore@ufv.br

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar: **Comitê de ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa- campus UFV. Edifício Arthur Bernardes, piso inferior, telefone (31) 3612-2316. E-mail: cep@ufv.br site: www.cep.ufv.br**

Viçosa, _____, _____ de 2021.

() Autorizo

() Não autorizo

Apêndice 3. Cartilha de orientação para retorno do projeto.

Link para acesso: https://drive.google.com/file/d/1FK63U3-gHm_LBTfu10-PNz37h5CPU3q_/view

SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL

ALIMENTAÇÃO SAUDÁVEL +
MICRONUTRIENTES + SUSTENTABILIDADE
+ PROMOÇÃO DA SAÚDE



Apêndice 4. Caracterização sócioeconômica, demográfica e produção**IDENTIFICAÇÃO E ELEGIBILIDADE**

Nome: _____

Endereço: _____

Telefone: (____) _____ - _____ ou (____) _____ - _____

Data de Nascimento: ____/____/____ Idade: ____ anos

Estado civil: _____

Escolaridade: _____

Cor/raça (autodeclarada): _____

Profissão: _____

1) Você possui alguma doença tireoidiana diagnosticada (hipotireoidismo, hipertireoidismo, Tireoidite de Hashimoto ou Câncer)?

- () Sim
() Não

2) Você já realizou alguma cirurgia na tireoide?

- () Sim
() Não

CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS, DE MORADIA E SANEAMENTO BÁSICO

3) Quantas pessoas moram com você? _____

4) Qual a renda total da família? _____

5) O imóvel é próprio? () Sim () Não

Se não, ele é: () Cedido () Alugado () Outro? _____

6) De qual material é constituído o piso da sua casa (cimento, cerâmica...)?

7) Qual é o tipo de material das paredes (alvenaria, madeira..)?

8) Qual é o tipo de material do teto (laje, telha, bambu..)?

9) O domicílio tem rede pública para o destino do esgoto: () Sim () Não

Se não, para onde vai os rejeitos do vaso sanitário? () Rede de saneamento ()
fossa séptica () Curso d'água

10) Abastecimento de água: () Rede pública () Poço () Nascente () outro:

11) Tratamento da água: () Filtração/água mineral () Fervura () Cloração () Sem
tratamento: _____

12) Destino do lixo: () Coletado () Queimado () Enterrado () Céu aberto () Outro

13) Tem energia elétrica? () Sim () Não

14) Apresenta fogão a gás em casa? () Sim () Não

15) E geladeira? () Sim () Não

16) Número de cômodos (excluindo banheiro e cozinha): _____

17) Quais transportes utilizados para o deslocamento da família?

() Público

() Motocicleta - Própria? () Sim () Não

() Automóvel – Próprio? () Sim () Não

() Bicicleta – Própria? () Sim () Não

Apêndice 5. Caracterização das condições de saúde e antropometria

Peso (kg): _____

Altura (m): _____

IMC(kg/m²): _____

Faz uso de alguma medicação? _____

Você tem alguma destas doenças listadas?

 Hipertensão/ pressão alta Diabetes Colesterol alterado Depressão Asma Hiper ou Hipotireodismo Alguma outra doença? _____

Histórico familiar (descrever quem da família possui)

 Hipertensão/ pressão alta Diabetes Colesterol alterado Depressão Asma Hiper ou Hipotireodismo Alguma outra doença? _____

Apêndice 6. Caracterização de sal, tempero e água

(Adaptação de linguagem do questionário do EMDI/ Brasil)

Quais refeições você consome alimentos preparados em casa com mais frequência?

- Café da manhã
- Lanche da manhã
- Almoço
- Lanche da tarde
- Jantar
- Lanche da noite
- Não prepara nenhuma refeição em casa

Durante a semana, incluindo final de semana, com que frequência você consome alimentos **preparados na sua casa**?

- 1 dia
- 2 dias
- 3 dias
- 4 dias
- 5 dias
- 6 dias
- 7 dias
- Nenhum dia

Durante a semana, incluindo os finais de semana, quais refeições você costuma consumir alimentos fora de casa (restaurantes, casa de parentes)?

- Café da manhã
- Lanche da manhã
- Almoço
- Lanche da tarde
- Jantar
- Lanche da noite
- Nenhuma refeição realizada fora de casa

Durante a semana, incluindo os finais de semana, com que frequência você consome alimentos **fora de casa** (restaurantes, casa de parentes)?

- 1 dia
- 2 dias
- 3 dias
- 4 dias
- 5 dias
- 6 dias
- 7 dias
- Nenhum dia

Que tipo de sal você usa com maior frequência para consumo?

- Não consome sal

- Sal animal
- Sal refinado
- Sal grosso
- Sal light
- Sal rosa
- Sal do Himalaia
- Outro tipo. Qual? _____

Qual marca de sal você utiliza na sua casa para consumo? _____

Onde você costuma guardar o sal?

- Em local fresco e ventilado
- Em local úmido
- Dentro da geladeira
- Perto do fogão
- Não possui sal no domicílio
- Outro local. Qual? _____

Como normalmente você guarda o sal?

- Retira da embalagem e transfere para outro recipiente aberto ou semi-aberto
- Retira da embalagem e transfere para um recipiente fechado
- Não retira o sal da embalagem mesmo aberto
- Não retira o sal da embalagem e guarda em um recipiente fechado
- Outro local. Qual? _____

Você utiliza o sal em sua forma pura (sal puro e não sob a forma de tempero caseiro industrializado) no preparo e/ou cozimento dos alimentos em sua casa?

- Sim
- Não

Em caso positivo, com que frequência?

- Diariamente
- Semanalmente
- Quinzenalmente
- Mensalmente
- Raramente

Você tem o hábito de adicionar sal nas refeições quando já estão no prato?

- Sim
- Não

Em caso positivo, com que frequência?

- 1 a 3 vezes por semana
- 4 a 6 vezes por semana
- Raramente

Ontem você não consumiu sal ou consumiu menos sal que de costume? (dieta hipossódica)?

- Sim
- Não
- Não lembra/ não sabe

Ontem você adicionou sal a comida pronta no prato?

- Sim
- Não
- Não lembra/ não sabe

Quanto tempo dura 1 kg de sal na sua casa? _____ Não lembra/não sabe

Você utiliza tempero caseiro no preparo dos alimentos na sua casa?

- Sim
- Não (ir para pergunta 40)

Em caso positivo, com que frequência você prepara este tempero?

- Diariamente
- Semanalmente
- Quinzenalmente
- Mensalmente
- Raramente

Em caso positivo, ontem você usou este tempero para preparar alguma refeição?

- Sim
- Não
- Não lembra/ não sabe

Qual sal você usa para prepara o tempero caseiro? _____

Onde você costuma guardar o tempero caseiro?

- Em local fresco e ventilado
- Em local úmido
- Dentro da geladeira
- Perto do fogão
- Não possui sal no domicílio
- Outro local. Qual? _____

Qual é a sua receita do tempero caseiro? (Padronização: 1 colher de sopa – 20 g de sal)

Quanto tempo dura o tempero caseiro? _____

Se utilizar tempero industrializado, qual marcar você usa com maior frequência?

Com que frequência você usa?

- Diariamente
- Semanalmente
- Quinzenalmente
- Mensalmente
- Raramente

Onde você costuma guardar este tempero industrializado?

- Em local fresco e ventilado
- Em local úmido
- Dentro da geladeira
- Perto do fogão
- Não possui sal no domicílio
- Outro local. Qual? _____

Qual a quantidade de tempero industrializado você compra (gramas)? _____

Quanto tempo dura este tempero industrializado? _____

Qual a quantidade de água que você consome por dia? _____

Apêndice 7. Curvas de calibração utilizadas para análises de alimentos

A. Curva analítica - 24/07/2021			
Iodo (µg)	Abs a 454 nm		
	R1	R2	Média
0	0,590	0,572	0,581
2	0,503	0,517	0,510
4	0,443	0,444	0,444
6	0,368	0,371	0,370
8	0,305	0,316	0,311
10	0,229	0,266	0,248
12	0,182	0,169	0,176

B. Curva analítica - 27/08/2021			
Iodo (µg)	Abs a 454 nm		
	R1	R2	Média
0	0,548	0,582	0,565
2	0,458	0,472	0,465
4	0,404	0,393	0,399
6	0,341	0,343	0,342
8	0,239	0,226	0,233
10	0,191	0,174	0,183
12	0,122	0,136	0,129

C. Curva analítica - 09/09/2021			
Iodo (µg)	Abs a 454 nm		
	R1	R2	Média
0	0,607	0,603	0,605
2	0,542	0,520	0,531
4	0,458	0,456	0,457
6	0,384	0,390	0,387
8	0,304	0,304	0,304
10	0,233	0,244	0,239
12	0,149	0,183	0,166

D. Curva analítica - 25/01/2022			
Iodo (µg)	Abs a 454 nm		
	R1	R2	Média
0	0,685	0,691	0,688
2	0,622	0,623	0,623
4	0,554	0,557	0,556
6	0,488	0,487	0,488

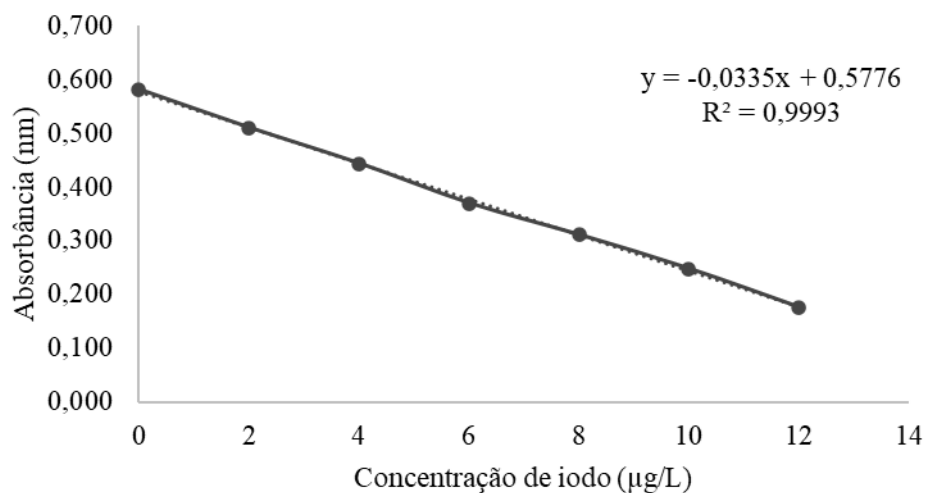
8	0,410	0,419	0,415
10	0,346	0,349	0,348
12	0,296	0,300	0,298

E. Curva analítica - 18/06/2022

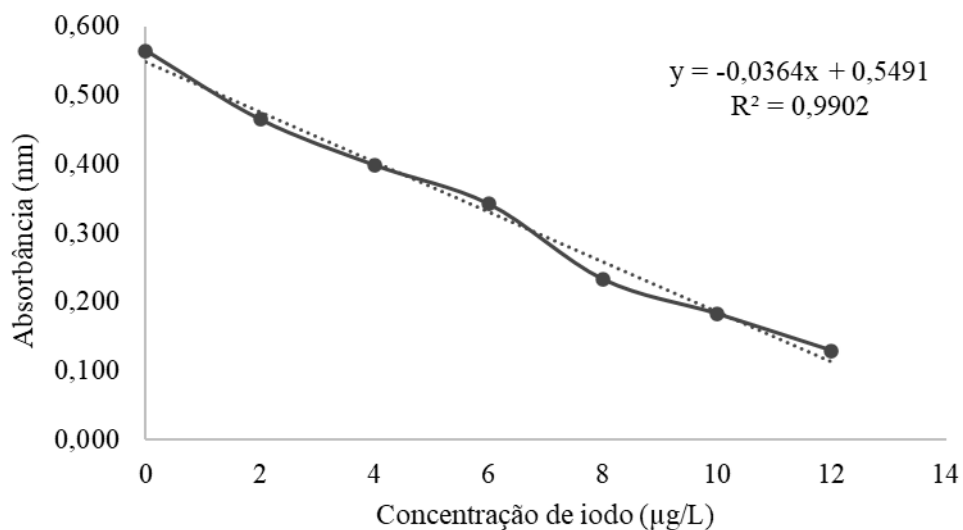
Iodo (μg)	Abs a 454 nm		
	R1	R2	Média
0	0,721	0,726	0,724
2	0,671	0,677	0,674
4	0,621	0,614	0,618
6	0,571	0,577	0,574
8	0,491	0,520	0,506
10	0,436	0,474	0,455
12	0,405	0,404	0,405

F. Curva analítica - 16/08/2022

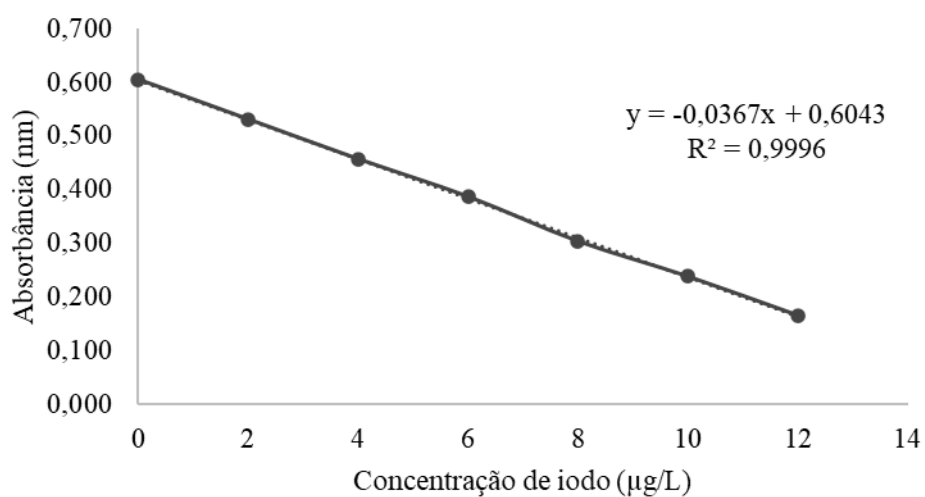
Iodo (μg)	Abs a 454 nm		
	R1	R2	Média
0	0,751	0,737	0,744
2	0,679	0,689	0,684
4	0,614	0,627	0,621
6	0,573	0,569	0,571
8	0,507	0,494	0,501
10	0,422	0,428	0,425
12	0,364	0,382	0,373



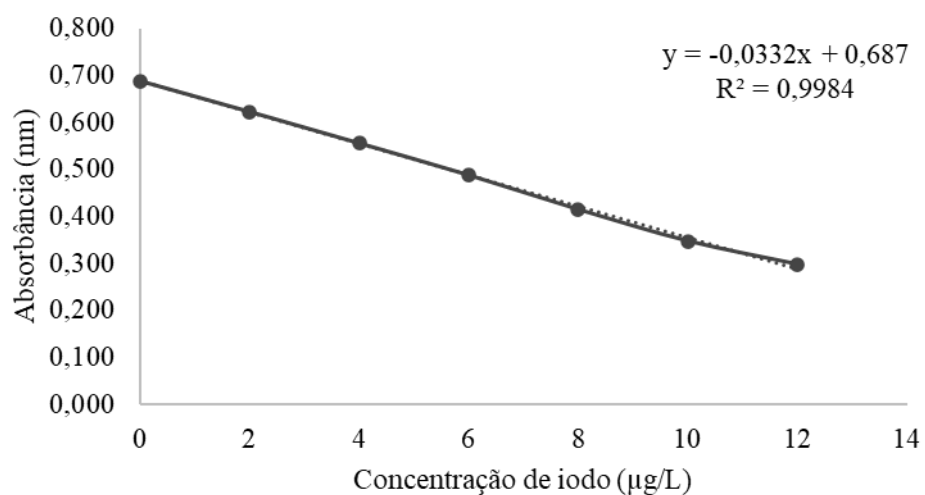
I. Curva analítica - 24/07/2021



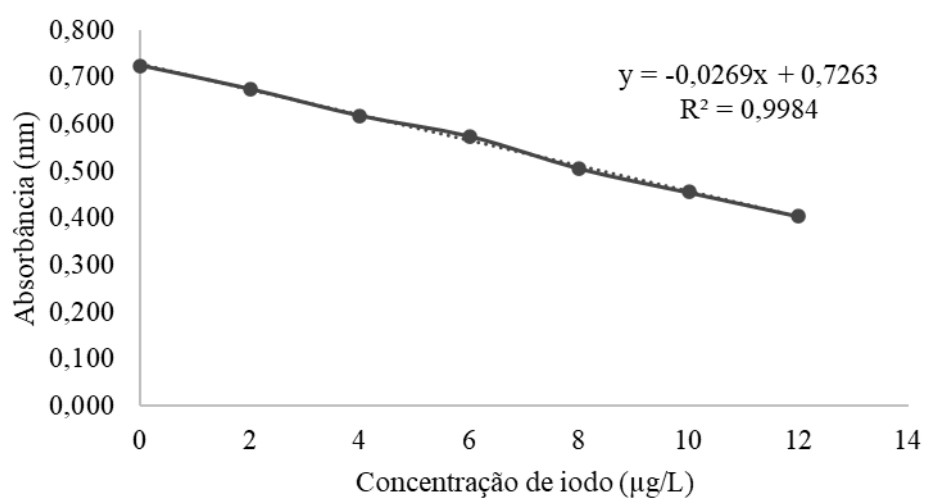
H. Curva analítica - 27/08/2021



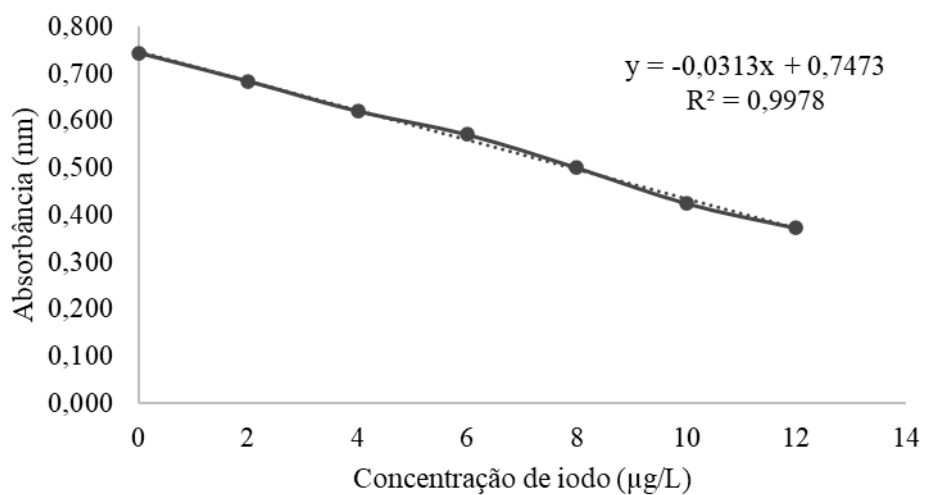
G. Curva analítica - 09/09/2021



L. Curva analítica – 25/01/2022



K. Curva analítica – 18/06/2022



J. Curva analítica – 16/08/2022

Apêndice 8. Descrição da avaliação da COVID-19 para os agricultores participantes do projeto.

Contextualização:

O surgimento da pandemia de COVID-2019 trouxe consigo grandes mudanças em relação ao comportamento populacional em todo mundo. Causada pelo vírus SAR-Cov-2, a COVID-19 se caracteriza como uma infecção respiratória aguda, com potencial gravidade e elevada transmissibilidade, o que permitiu sua rápida distribuição global (CAMPOS, 2020).

As ações sanitárias para controle da transmissão tiveram como premissa principal medidas relacionadas a isolamento social, incluindo fechamento de comércios e restrições de circulação de pessoas para redução da exposição ao vírus. Essas medidas tiveram um impacto econômico mundial, sendo que os setores primário e secundário foram especialmente influenciados (DELARDAS, 2022).

Não diferente no Brasil, a pandemia acarretou em mudanças econômicas que impactaram em diversos fatores, como a redução no fluxo de mercadorias e queda de poder aquisitivo das famílias, reforçando um estado de vulnerabilidade econômica (MOLINA *et al.*, 2020).

O panorama brasileiro conta com parte da população vivendo abaixo da linha da pobreza e com prevalências altas de insegurança alimentar. Nesse contexto, a agricultura familiar desempenha papel importante no que diz respeito a segurança alimentar e nutricional, pois possibilita o acesso à alimentos em qualidade e quantidade nutricional por favorecer circuitos curtos de comercialização. Os agricultores familiares do Brasil representam 23% de toda produção agrícola brasileira (IBGE, 2019).

Em sua maioria, os agricultores familiares são participantes de programas federais de combate a vulnerabilidade, dependendo em grande maioria da renda oriunda destes programas. que foram impedidos de serem executado durante a pandemia, o que impactou diretamente na agricultura familiar, tanto no ponto de vista de produtores, quanto de consumidores (LOEBLEIN, 2020).

Dentre os impactos negativos, estão horários das feiras que foram cada vez mais reduzidos, redução das compras públicas e fechamento absoluto em alguns

períodos (LUCENA; HOLANDA-FILHO; BOMFIM, 2020). Houve também o direcionamento da população para o abastecimento nos supermercados (URCOLA; NOGUEIRA, 2020).

Com isso, a agricultura familiar foi impactada com perda de produtos em época de colheita, tanto por doações como por vendas com valores abaixo do custo real de produção devido a suas condições de perecibilidade, que impossibilitou o estoque dos mesmos (GRACIA-ARNAIZ, 2021; RIBEIRO et al., 2020).

Nesse sentido, levando em consideração os desdobramentos da pandemia sobre a os impactos econômicos da agricultura familiar, entende-se que este cenário possibilita uma frente de estudo a explorar questões relacionadas também à segurança alimentar dos próprios agricultores familiares. Diante disso, o objetivo desta discussão foi avaliar a repercussão da COVID-19 na produção e situação de segurança alimentar dos agricultores familiares inseridos neste projeto.

Foram avaliados 310 agricultores familiares, deste 52,0% (n=159) eram do sexo masculino. Em relação ao histórico de infecções por COVID-19 86,45% (n=268) nunca tiveram a doença, sendo que 12,90% (n=40) já tiveram, 0,32 (n=1) estavam com COVID-19 no momento da entrevista e 0,32 (n=1) apresentava sintomas gripais.

No que diz respeito à situação de segurança alimentar 64,20% (n=199) relatam não ter tido preocupação de que a comida acabasse, 75,48 (n=234) não deixaram de consumir algum alimento tipo de alimento e 42,90 (n=133) não tiveram redução na renda familiar.

Já a produção agrícola 66,77% (n=207) não tiveram dificuldade para produzir ou comercializar produtos e 86,12% (267) não deixaram de produzir nenhum produto. No que diz respeito ao uso de agrotóxicos, a maioria dos participantes 99,35% (n=308) relatam que a pandemia não acarretou no aumento de sua utilização (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição situacional da pandemia entre os adultos agricultores familiares

Variáveis	n	%
Histórico de COVID		
Já teve	40	12,90
Nunca teve	268	86,45
Está com COVID	1	0,32
Apresenta sintomas	1	0,32
Em algum momento da pandemia, os moradores deste domicílio tiveram a preocupação de que a comida acabasse antes que tivessem dinheiro para comprar mais comida		
Sim	111	35,80
Não	199	64,20
Durante a pandemia houve dificuldade para produzir e/ou comercializar os produtos agrícolas		
Sim	103	33,22
Não	207	66,77
Durante o período da pandemia você deixou de produzir algum produto agrícola		
Sim	43	13,87
Não	267	86,12
Durante a pandemia houve redução da renda familiar		
Sim	177	57,10
Não	133	42,90
Durante a pandemia você deixou de consumir ou reduziu o consumo de algum alimento		
Sim	76	24,51
Não	234	75,48
Durante a pandemia você passou a utilizar mais agrotóxicos/remédio/veneno		
Sim	2	0,64
Não	308	99,35

Anexo 1. Escala Brasileira de Insegurança Alimentar (EBIA)

Pergunta	Sim	Não
1. Nos últimos três meses, os moradores deste domicílio tiveram a preocupação de que a comida acabasse antes que tivessem dinheiro para comprar mais comida?		
2. Nos últimos três meses, os alimentos acabaram antes que os moradores desse domicílio tivessem dinheiro para comprar mais comida?		
3. Nos últimos três meses, os moradores desse domicílio ficaram sem dinheiro para ter uma alimentação saudável e variada?		
4. Nos últimos 3 meses os moradores deste domicílio comeram apenas alguns poucos tipos de alimentos que ainda tinham, porque o dinheiro acabou?		
5. Nos últimos três meses, algum morador de 18 anos ou mais de idade, deixou de fazer alguma refeição, porque não havia dinheiro para comprar a comida?		
6. Nos últimos três meses, algum morador de 18 anos ou mais de idade, comeu menos do que achou que devia, porque não havia dinheiro para comprar comida?		
7. Nos últimos três meses, algum morador de 18 anos ou mais de idade sentiu fome, mas não comeu, porque não tinha dinheiro para comprar comida?		
8. Nos últimos três meses, algum morador de 18 anos ou mais de idade ficou um dia inteiro sem comer ou, teve apenas uma refeição ao dia, porque não tinha dinheiro para comprar a comida?		
9. Nos últimos três meses, os moradores com menos de 18 anos de idade, não puderam ter uma alimentação saudável e variada, porque não havia dinheiro para comprar comida?		
10. Nos últimos 3 meses, algum morador com menos de 18 anos de idade comeu menos do que você achou que devia porque não havia dinheiro para comprar a comida?		
11. Nos últimos três meses, foi diminuída a quantidade de alimentos das refeições de algum morador com menos de 18 anos de idade, porque não havia dinheiro suficiente para comprar a comida?		
12. Nos últimos três meses, algum morador com menos de 18 anos de idade deixou de fazer alguma refeição, porque não havia dinheiro para comprar a comida?		
13. Nos últimos três meses algum morador com menos de 18 anos de idade sentiu fome, mas não comeu porque não havia dinheiro para comprar mais comida?		
14. Nos últimos três meses algum morador com menos de 18 anos de idade ficou um dia inteiro sem comer ou, teve apenas uma refeição ao dia, porque não havia dinheiro para comprar comida?		
Classificação da EBIA:		
Segurança Alimentar: 0 pontos; Insegurança Alimentar Leve: 1-5 pontos; Insegurança Alimentar Moderada: 6-9 pontos; Insegurança Alimentar Grave: 10-14 pontos		

Anexo 2. Determinação da concentração de iodo no sal

(MAYER, E.M. Teor de iodo proveniente da água, sal de cozinha, temperos caseiros e industrializados, que são consumidos pela população adulta de agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa – MG associados a suas procedências. Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, 2022)

Devem ser coletadas 50 gramas de sal de consumo alimentar em recipiente plástico hermeticamente vedado e devidamente identificado com um código alfanumérico correspondente ao indivíduo pesquisado. As amostras devem ser transportadas em caixas térmicas e armazenadas em temperatura média de -20°C até o momento da análise.

A análise da concentração de iodo no sal, deve ser realizada de acordo com a técnica recomendada pelo Ministério da Saúde e analisada de acordo com o Manual do Instituto Adolfo Lutz (2008). Nesta técnica, o iodato de potássio (KIO_3) em meio ácido e na presença de iodeto de potássio (KI), reage liberando iodo, que é imediatamente titulado com tiosulfato de sódio, utilizando como indicador, a solução de amido.

Para determinação da concentração de iodo no sal é utilizados a Equação (A) e o resultado expresso em mg de iodo por quilo de sal.

$$(A) I \text{ (mg/Kg)} = \frac{105,8 \times v \times f}{p}$$

Onde: v: volume (mL) gasto na titulação da solução de tiosulfato de sódio 0,005 mol/L; f: fator de correção da solução de tiosulfato de sódio 0,005 mol/L; p: massa de sal (g) utilizada na análise.

Todos os materiais, equipamentos, reagentes e soluções utilizados na análise de determinação da concentração de iodo no sal de consumo estão descritos em parágrafos abaixo.

As soluções e reagentes devem ser preparados utilizando água ultrapura obtida por sistema Milli-Q®185 de água ultrapura tipo 1, equipamento PURELAB Classic com resistividade de 18,2MΩ/cm, a 25°C.

Para análise de iodo no sal todas as vidrarias utilizadas primeiramente devem ser lavadas em água corrente com tratamento da rede pública de abastecimento, utilizando detergente neutro. Em seguida emergidas em água pura (três vezes) e ultrapura (uma vez). Todas vidarias devem ser secas naturalmente em temperatura ambiente.

Para realização das análises, deve se pesar em balança analítica em um frasco Erlenmeyer de 500 ml, 10g da amostra de sal homogeneizada, em seguida adicionado 100 ml de água pura fervida a 60 °C, sendo agitado até a dissolução da amostra. Logo após, colocar com auxílio de uma micropipeta de 10.000 µL, 5 ml de solução de ácido sulfúrico 0,5 mol/L (Apêndice B), 1 mL de iodeto potássio a 10% (Apêndice B) utilizando uma micropipeta de 1000 µL e com o auxílio de uma pipeta graduada de vidro de 2 mL, foi adicionado 2 ml de solução de amido a 1% (Apêndice B), utilizado como indicador. Em seguida titular o iodo liberado com solução de tiosulfato de sódio 0,005 mol/L, até o desaparecimento da coloração azul. Dosar o iodo do sal, em duplicata, sendo que a diferença de leitura nas duas titulações não pode ser maior que 0,1 ml.

Na Figura 1 mostra todas as etapas de análise da concentração de iodo no sal, destacando-se a coloração da solução antes e após a titulação com solução tiosulfato de sódio 0,005 mol L⁻¹, no final da figura, à direita.



Figura 1. Etapas de análise da concentração de iodo no sal.

A análise de cada amostra deve ser realizada em duplicata e a concentração média de iodo obtida e demonstrada em miligrama (mg) de iodo por quilograma de sal (Kg).

Para classificação da concentração de iodo no sal de consumo alimentar utilizar a recomendação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, sendo consideradas adequadas as amostras cuja concentração do micronutriente permaneça entre 15 e 45 mg/Kg de sal (BRASIL, 2013).

Materiais e equipamentos:

- Balão volumétrico de 100 ml e 500 mL
- Erlenmeyer de 500 mL
- Béqueres de 5 mL, 10 ml, 100 ml e 600 mL
- Proveta de vidro de 100mL
- Frascos âmbar
- Bastões de vidro
- Espátulas
- Balança analítica
- Chapa com agitação e aquecimento
- Pipetas automáticas de 1000 µL e 10.000 µL
- Pipeta graduada de 10 ml
- Bureta graduada de 10 mL

Reagentes e soluções utilizadas na quantificação de iodo em sal

Solução de tiosulfato de sódio 0,1 mol/L: Pesar 12,4g de tiosulfato de sódio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Dissolver em água ultrapura e em seguida, transferir

quantitativamente para um balão volumétrico de 500 ml. Acrescentar seu volume com água ultrapura.

Solução de tiosulfato de sódio 0,005 mol/L: Pipetar 25 mL da solução de tiosulfato de sódio 0,1 mol/L padronizada para um balão volumétrico de 500 mL. Acrescentar seu volume com água ultrapura.

Solução de amido 1% (m/v): Pesar 1,00g de amido solúvel, em seguida dissolver em 100 mL de água ultrapura fervente. Acrescentar seu volume com água ultrapura.

Solução de iodeto de potássio (KI) 10% (m/v): Pesar 10 g de KI, em seguida dissolver em água ultrapura e transferir quantitativamente para um balão volumétrico de 100 ml. Acrescentar seu volume com água ultrapura.

Solução de ácido sulfúrico 0,5 mol/L: Pipetar 13,8 mL de H₂SO₄ concentrado, transferir para um balão volumétrico de 500 mL contendo água ultrapura. Acrescentar seu volume com água ultrapura.

Anexo 3. Determinação da concentração de iodo no tempero

(MAYER, E.M. Teor de iodo proveniente da água, sal de cozinha, temperos caseiros e industrializados, que são consumidos pela população adulta de agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa – MG associados a suas procedências. Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, 2022)

São coletados 20 gramas de tempero consumidos em recipiente de plástico hermeticamente vedado e identificado com um código alfanumérico correspondente ao indivíduo pesquisado e armazenadas em temperatura média de -20°C até o momento da análise.

Todos os materiais, equipamentos, reagentes e soluções utilizados na análise de determinação da concentração de iodo no sal de consumo estão dispostos na listagem ao final desta sessão.

As soluções e reagentes devem ser preparados utilizando água ultrapura obtida por sistema Milli-Q®185 de água ultrapura tipo 1, equipamento PURELAB Classic com resistividade de $18,2\text{M}\Omega/\text{cm}$, a 25°C .

Para análise de iodo no tempero as vidrarias utilizadas primeiramente devem ser lavadas em água corrente com tratamento da rede pública de abastecimento, utilizando detergente neutro. Em seguida emergidas em água pura (três vezes) e ultrapura (duas vezes). Todas vidrarias devem ser secas naturalmente em temperatura ambiente.

A análise da determinação da concentração de iodo nos temperos é baseada no método para determinação colorimétrica por espectrofotometria, descrito por Perring *et al.* (2001).

Para o procedimento de determinação de iodo nas amostras de tempero, utiliza-se uma curva analítica, primeiramente. Inicialmente, prepara-se a solução padrão de iodeto de potássio (KI) pesando, na balança analítica, com auxílio de um béquer de 5 ml e espátula, 0,5232g de KI. Em seguida, o reagente foi dissolvido em água ultrapura e transferido para um balão volumétrico de 100 mL. Em seguida, o volume é completado com água ultrapura até o menisco e homogeneizado. Obtem-se a solução padrão de iodo de $4\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Utiliza-se 10mL da solução padrão de iodo de $4\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ utilizando uma pipeta volumétrica de 10mL e transferiu para um balão volumétrico de 1000 mL. Em seguida,

o volume é completado com água ultrapura até o menisco e homogeneizado. Obtém-se assim, a solução padrão de iodo de $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Transfere, utilizando uma micropipeta monocanal de $10.000 \mu\text{L}$, 5 mL da solução padrão de iodo de $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para um balão volumétrico de 1000 mL . Logo depois, o volume é completado com água ultrapura até o menisco e homogeneizado. Obtém a solução padrão de iodo de $200 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Transfere-se, utilizando uma pipeta volumétrica de 50 mL , 50 mL da solução padrão de iodo de $200 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ para um balão volumétrico de 100 mL . Logo após, o volume é completado com água ultrapura até o menisco e homogeneizado. Obtém-se solução padrão de iodo de $100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

A solução padrão de iodo de $100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, é transferida utilizando uma micropipeta monocanal de $1000 \mu\text{L}$ para tubos Falcon identificados, em alíquotas de $200 \mu\text{L}$, $400 \mu\text{L}$, $600 \mu\text{L}$, $800 \mu\text{L}$, $1000 \mu\text{L}$ e $1200 \mu\text{L}$, respectivamente. O volume em cada tubo foi ajustado para 5 mL com água ultrapura. Nas mesmas condições é realizado a amostra do branco de matriz adicionando 5 mL de água ultrapura somente. A curva analítica é feita em duplicata.

São adicionados, em sequência, utilizando uma micropipeta monocanal de $1000 \mu\text{L}$, 1 mL de solução de tiocianato de potássio $0,023\%(\text{m/v})$, com uma micropipeta monocanal de $10.000 \mu\text{L}$, foi colocado 2 mL de solução de sulfato de ferro amoniacal III $7,7\%(\text{m/v})$ e 2 mL de solução de nitrito de sódio $0,0207\%(\text{m/v})$. Após a adição da solução de nitrito de sódio, os tubos são fechados rapidamente, homogeneizados em agitador vortex e colocados em banho termostático a 60°C por 60 minutos. Após este tempo, os tubos falcon são colocados em banho de gelo por 10 minutos e em seguida realizado a leitura de absorbância.

As leituras de absorbâncias são realizadas no espectrofotômetro ultravioleta – visível (modelo UV/VIS 9200, marca Rayleigh), utilizando-se uma cubeta de acrílico de 10 mm de percurso óptico, à temperatura ambiente, a 454 nm . A leitura do branco foi realizada nas mesmas condições da solução padrão.

Com os valores da concentração de iodo ($\mu\text{g/L}$) e o resultado da média das leituras de absorbância dos 7 níveis de concentração de iodo, é coonstruído a curva analítica, para a partir dela obter a equação da reta que mostra a relação entre absorbância e concentração de iodo.

Para realizar as análises das amostras, primeiramente a descongela na BOD a 4^o C. Após total descongelamento são homogeneizadas. Amostras que continham pedaços de tempero são amassadas no cadinho.

Logo após a homogeneização, pesa-se em balança analítica 1 g de cada amostra, em duplicata, em um béquer de vidro. Em seguida, o material é diluído em 50mL de água ultrapura à 60°C e transferido gradativamente para um balão volumétrico de 100 mL.

Logo após, o balão volumétrico é colocado para ser agitado em um agitador orbital automático por vinte minutos à 120 rpm. Em seguida completa-se o balão volumétrico com água ultrapura e homogeneizo-o. Após, seu conteúdo é filtrado em papel de filtro quantitativo faixa preta, livre de cinzas, para um Erlenmeyer de 250mL. Os Erlenmeyer são armazenados à 4°C até o momento da análise, não ultrapassando o prazo máximo de um dia.

Com o filtrado pronto foi pipetado com o auxílio de uma pipeta monocal de 1000 µL, 0,5 mL do filtrado um tubo falcon de 15mL. Em seguida, adicionou-se 4,5 mL de água ultrapura, utilizando uma micropipeta monocal de 10.000 µL, 1mL de solução de tiocianato de potássio 0,023%(m/v), com uma micropipeta monocal de 1000 µL, foi colocado 2 mL de solução de sulfato de ferro amoniacal III 7,7%(m/v) e 2 mL de solução de nitrito de sódio 0,0207%(m/v) com uma micropipeta monocal de 10.000 µL. Após a adição da solução de nitrito de sódio, os tubos são fechados rapidamente, homogeneizados em agitador vortex e colocados em banho termostático a 60°C por 60 minutos. Após este tempo, os tubos falcon foram colocados em banho de gelo por 10 minutos e em seguida realizado a leitura de absorbância.

Após a adição da solução de nitrito de sódio, os tubos são fechados rapidamente, homogeneizados em agitador vortex e colocados em banho termostático a 60°C por 60 minutos. Após este tempo, os tubos falcon são colocados em banho de gelo por 10 minutos e em seguida realizado a leitura de absorbância.

A leitura de absorbância é realizada no espectrofotômetro ultravioleta – visível (modelo UV/VIS 9200, marca Rayleigh), utilizando-se uma cubeta de acrílico de 10 mm de percurso óptico, à temperatura ambiente, a 454 nm. A leitura do branco é realizada nas mesmas condições da solução padrão.

Observando o resultado da leitura de absorbâncias realizadas, caso a amostra apresente uma concentração de iodo que não esteja dentro da curva analítica

produzida, as análises devem ser refeitas alterando o volume de amostra pipetado para mais ou diluindo, alterando equivalentemente a quantidade de água ultrapura adicionada ao tubo falcon.

A análise de cada amostra foi realizada em duplicata e a concentração média de iodo foi obtida e demonstrada em micrograma (μg) de iodo por 100 gramas de tempero (100 g). A diferença entre as duplicatas não pode ultrapassar 5%.

Materiais e equipamentos:

- Balão volumétrico de 100 ml e 1000 mL
- Béqueres de 5 mL, 10 ml, 30 mL e 100 mL
- Proveta de vidro de 100mL
- Erlenmeyer de 250mL
- Funil de vidro
- Frascos âmbar
- Bastões de vidro
- Papel filtro quantificado faixa preta
- Espátulas
- Balança analítica
- Agitador orbital
- Espectrofotômetro (modelo UV/VIS 9200, marca Rayleigh),
- Pipetas automáticas de 1000 μL e 10.000MI
- Ponteiras de 1mL e 5 ml
- Tubo falcon de 5 ml
- Agitador vortex
- Banho termostático

- Cubeta de plástico

Reagentes e soluções utilizadas na quantificação de iodo em tempero

Solução padrão de iodeto de potássio 4g/L: Pesar 0,5232g de KI com pureza 99,5% em balança analítica. Transferir quantitativamente para um balão volumétrico de 100 mL. Completar com água ultrapura e homogeneizar.

Solução padrão de iodeto de potássio 40 mg/L: Transferir 10 mL da solução de KI 4 g/L para um balão volumétrico de 1000 ml. Completar com água ultrapura e homogeneizar.

Solução padrão de iodeto de potássio 200µg/L: Transferir 5 mL da solução de KI 40 mg/L para um balão volumétrico de 1000 mL. Completar com água ultrapura, homogeneizar e armazenar em frasco âmbar.

Solução padrão de iodeto de potássio 100µg/L: Transferir 50 mL da solução padrão de iodo de 200 µg·L⁻¹ para um balão volumétrico de 100 mL. Completar com água ultrapura e homogeneizar.

Solução de Tiocianato de potássio 0,023%(m/v): Pesar 0,23g de KSCN em balança analítica. Em seguida, diluir em água ultrapura. Transferir quantitativamente para um balão volumétrico de 1000mL. Completar com água ultrapura e homogeneizar.

Solução de Sulfato de ferro amoniacal III 7,7%(m/v) em HNO₃ 2M: Pesar 77g de (NH₄) Fe (SO₄)₂ e diluir com água ultrapura. À essa solução adicionar 127mL de ácido nítrico concentrado. Transferir a solução para um balão volumétrico de 1000mL, avolumar e homogeneizar.

Solução de Nitrito de sódio 2,07% (m/v): Pesar 2,07 g de nitrito de sódio em balança analítica. Transferir quantitativamente para um balão volumétrico de 100 ml. Completar com água ultrapura e homogeneizar. Duração de 1 mês na geladeira.

Solução de Nitrito de sódio 0,0207% (m/v): Pipetar 1 ml da solução de Nitrito de sódio 2,07% (m/v). Transferir quantitativamente para um balão volumétrico de 100 ml. Completar com água ultrapura e homogeneizar. Duração de 1 dia.

Anexo 4. Determinação da concentração de iodo na água

(MAYER, E.M. Teor de iodo proveniente da água, sal de cozinha, temperos caseiros e industrializados, que são consumidos pela população adulta de agricultores familiares da Região Geográfica Imediata de Viçosa – MG associados a suas procedências. Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, 2022)

Para determinar a concentração de iodo na água é utilizado a metodologia de acordo com o descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 4500-I B, método espectrofotométrico “*Leuco Cristal Violeta*”, que determina o iodo aquoso sob forma de iodo elementar e ácido hipiodoso (S.M.E.W.W, 2005).

Todos os materiais, equipamentos, reagentes e soluções utilizados na análise de determinação da concentração de iodo na água estão dispostos neste Apêndice.

Para análise de iodo em água todas as vidrarias utilizadas primeiramente devem ser lavadas em água corrente com tratamento da rede pública de abastecimento, utilizando detergente neutro. Em seguida emergidas em água pura (três vezes) e ultrapura (uma vez). Os balões volumétricos com suas tampas de vidros são lavados em água corrente, seguido de duas vezes em água pura. Logo após são imersos em álcool etílico ficando *overnight*. Após o processo são enxaguados 3 vezes com água pura e em seguida duas vezes em água ultrapura. Todas vidarias devem ser secas naturalmente em temperatura ambiente.

Para o procedimento de determinação de iodo nas amostras de água, é realizada a curva analítica, primeiramente. Inicialmente, prepara-se a solução estoque de iodeto de potássio (KI) pesando, na balança analítica, com auxílio de um béquer de 5 mL, 1,3081g de KI. Em seguida, o reagente é dissolvido em água ultrapura e transferido para um balão volumétrico de 1000 ml. Em seguida, o volume foi completado com água ultrapura até o menisco. Obtém-se a solução estoque de iodo de $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

A partir da solução estoque de iodeto de potássio (KI) (1 g de iodo por litro), prepara-se a solução de uso (solução padrão de 10 mg de iodo por litro), transferindo 5 ml da solução estoque, utilizando uma micropipeta monocal de 10.000 μL , para um balão volumétrico de 500 mL, adicionando o volume com água ultrapura.

Utilizando a solução de uso, pipeta-se alíquotas de 250 μL a 2500 μL utilizando uma micropipeta monocanal de 1000 μL , para balões volumétricos de 100 mL, completando o volume com água ultrapura. Obtém-se concentrações de 0,025 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,050 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,075 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,125 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,150 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,175 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,225 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e 0,250 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Em seguida, transfere-se, utilizando uma proveta (50mL) 50 mL de cada balão volumétrico, para outros balões volumétricos de 100 ml, acrescentando até o menisco, água ultrapura, obtendo concentrações das soluções padrões para construção da curva analítica, de 0,0125 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,0250 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,0375 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,050 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,0625 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,0750 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,0875 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 0,1125 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e 0,125 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, em duplicata. Em seguida, foi adicionado 1,0 mL de solução tampão (Apêndice A) e 0,5 mL de peroximonossulfato de potássio (Apêndice A), agitando-se por um minuto. Logo após adiciona-se 1,0 mL do indicador “leuco cristal violeta” e completa-se o volume com água ultrapura. Para todas alíquotas é utilizada uma micropipeta monocanal de 1000 μL .

Para o processo de leitura da absorbância é preparado um branco com concentração de 0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de iodo, onde foi colocado utilizando uma proveta (50mL), 50 ml de água ultrapura adicionado com auxílio micropipeta monocanal de 1000 μL , 1,0 mL de solução tampão e 0,5 mL de peroximonossulfato de potássio, agitando-se por um minuto. Logo após adiciona-se 1,0 mL do indicador “leuco cristal violeta” e completa-se o volume com água ultrapura.

Para melhores resultados, as leituras das absorbâncias devem ser realizadas dentro de cinco minutos após a adição do indicador “leuco cristal violeta”.

Com o aumento gradativo da concentração de iodo na solução é observado diferentes tonalidades da cor roxa (Figura 1).



Concentrações de iodo da esquerda para a direita: 0,0125 mg. L⁻¹; 0,0250 mg. L⁻¹; 0,0375 mg. L⁻¹; 0,050 mg. L⁻¹; 0,0625 mg. L⁻¹; 0,0750 mg. L⁻¹; 0,0875 mg. L⁻¹; 0,100 mg. L⁻¹; 0,1125 mg. L⁻¹ e 0,125 mg. L⁻¹.

Figura 1. Diferentes tonalidades da cor roxa devido ao aumento da concentração de iodo.

As leituras de absorvâncias são realizadas no espectrofotômetro ultravioleta , utilizando-se uma cubeta de acrílico de 10 mm de percurso óptico, à temperatura ambiente, a 592 nm. A leitura do branco é realizada nas mesmas condições da solução padrão.

Com os valores da concentração real de iodo (mg/L) e o resultado da média das leituras de absorvância dos 11 níveis de concentração de iodo, construiu-se a curva analítica, para a partir dela obter a equação da reta que mostra a relação entre absorvância e concentração de iodo.

Para realizar as análises das amostras de água, mediu-se 50 ml em uma proveta (50 mL) da água da amostra homogeneizada a ser analisada, que foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL. É adicionado neste balão, utilizando uma micropipeta monocalal de 1000 µL. 1 mL de solução tampão e 0,5 mL de peroximossulfato de potássio, sendo agitado por 1 minuto. Logo depois, adiciona-se 1 mL do indicador “leuco cristal violeta”, completando o volume com água ultrapura. Esta análise é realizada em triplicata.

Em até cinco minutos, após a adição do indicador, as leituras das absorvâncias devem ser realizadas, afim de obter resultados mais precisos. O branco com concentração de 0 mg·L⁻¹ de iodo com 50mL de água ultrapura é preparado para realizar a leitura da absorvância.

Para realizar as análises das amostras de água com turbidez, mede-se 50 ml em uma proveta da água da amostra turva a ser analisada, que foi transferida para

um balão volumétrico de 100 mL. Foi adicionado neste balão, utilizando uma micropipeta monocal de 10.000 μL , 5 mL de solução de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) (Apêndice A), como uma micropipeta monocal de 1000 μL , colocou-se 1 mL de solução tampão e 0,5 mL de peroximossulfato de potássio, sendo agitado por 1 minuto. Logo depois, adiciona-se 1 mL do indicador “leuco cristal violeta”, completando o volume com água ultrapura. O branco com concentração de 0 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de iodo com 50mL de água ultrapura é preparado, sendo adicionado também 5 mL de solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Na figura 2 pode-se observar a água com turbidez em diferentes níveis.



Figura 2. Turbidez da água em diferentes níveis. A esquerda turbidez maior, a do meio apresenta uma turbidez suave e a última sem turbidez.

As leituras das absorbâncias da solução padrão, das amostras e do branco são realizadas nas mesmas condições. Por meio da equação da reta obtida da curva analítica, pode-se calcular a concentra de iodo nas amostras analisadas em micrograma de iodo por litro.

Todas as curvas analíticas realizadas estão no arquivo.

Materiais, equipamentos, reagentes e soluções utilizadas para realizar a análise de concentração de iodo na água.

Materiais e equipamentos:

- Balão volumétrico de 100 ml e 1000 mL
- Béqueres de 5 mL, 10 mL e 100 mL
- Proveta de vidro de 50mL
- Frascos âmbar
- Bastões de vidro
- Espátulas
- Balança analítica
- Espectrofotômetro (modelo UV/VIS 9200, marca Rayleigh),
- Pipetas automáticas de 1000 μ L e 10.000 μ L

Reagentes e soluções utilizadas na quantificação de iodo em água

Solução estoque de iodeto de potássio (KI): Pesar 1,3081g de KI, em seguida dissolver em água ultrapura e transferir para um balão volumétrico de 1000 ml. Completar o volume foi com água ultrapura até o menisco. Obteve-se solução estoque de iodo de 1 g \cdot L⁻¹.

Solução de uso (10 mg I/L): Pipetar 5 mL da solução estoque de iodeto de potássio. Transferir quantitativamente para um balão volumétrico de 500 mL. Completar com água ultrapura até o menisco.

Solução tampão cítrica, pH 3,8:

Ácido cítrico: Pesar 210,2g de ácido cítrico monohidratado. Diluir a massa em água ultrapura e transferir para um balão volumétrico de 1000 ml. Acrescentar seu volume com água ultrapura.

Hidróxido de amônio, 2N: Adicionar 131 mL de hidróxido de amônio concentrado em aproximadamente 700 mL de água ultrapura. Em seguida diluir a solução para 1000 mL e armazenar em frasco de polietileno.

Solução tampão final: Lentamente, sob agitação, adicionar 350 mL de solução de hidróxido de amônio, 2N, em 670 mL de ácido cítrico. Em seguida adicionar 80g de di-hidrogenofosfato de amônio sob agitação. Em seguida mensurar o pH da solução e caso de valores estiverem maiores que 4,0, adicionar ácido sulfúrico concentrado à solução até que a mesma atinja valor de pH igual a 3,8.

Solução peroximonossulfato de potássio: Obter o peroximonossulfato de potássio (KHSO_5) como produto comercial, que é uma mistura em pó que contém 42,8% de KHSO_5 em massa e uma mistura de KHSO_4 e K_2SO_4 . Dissolver 1,5g do produto em pó em água ultrapura e, em seguida, realizar a diluição para 1000 mL.

Indicador leuco cristal violeta: Medir 200 mL de água ultrapura e 3,2 mL de ácido sulfúrico concentrado em um recipiente de vidro âmbar com capacidade volumétrica de, no mínimo, 1000 mL. Depositar uma barra de agitação magnética no recipiente e misturar a solução em uma velocidade moderada. Em seguida, adicionar 1,5g de 4,4',4''-methylidynetris (N,N-dimethylaniline)*#(3) (cristal violeta) a uma pequena quantidade de água. Misturar até a completa dissolução. De maneira consecutiva, adicionar 2,5g de cloreto de mercúrio (HgCl_2) em 800 mL de água e agitar até a completa dissolução. Agitar a solução de cloreto de mercúrio e adicionar à solução leuco cristal violeta. Para obter maior estabilidade da solução de indicador, ajustar o pH da mesma para 1,5, ou menos, fazendo a adição, se necessária, de ácido sulfúrico concentrado. Armazenar a solução final frasco âmbar por até 6 meses.

Solução de tiosulfato de sódio: Pesar 5 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, em seguida dissolver em água ultrapura e transferir para um balão volumétrico de 1000 ml.

Curvas analíticas das análises de água

