



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

**Conformidade do teor de nitrito em produtos cárneos no Brasil: uma meta-análise
comparativa com os limites legais vigentes**

Diego Henrique Afonso

Trabalho de Conclusão de Curso

Dourados – MS
DEZEMBRO/2025

Diego Henrique Afonso

**Conformidade do teor de nitrito em produtos cárneos no Brasil: uma meta-análise
comparativa com os limites legais vigentes**

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências Exatas –
FACET, Universidade Federal da
Grande Dourados, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Licenciado em Química. Área de
concentração: Química (10600000).

Orientador: Prof^ª. Dr. Heberth Juliano
Vieira

Dourados - MS

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

A256c Afonso, Diego Henrique

Conformidade do Teor de Nitrito em Produtos Cárneos no Brasil: Uma Meta-Análise Comparativa com os Limites Legais Vigentes [recurso eletrônico] / Diego Henrique Afonso. -- 2025.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Heberth Juliano Vieira.

TCC (Graduação em Química)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2025.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. nitrito de sódio. 2. meta-hemoglobina. 3. câncer. 4. conservante.. I. Vieira, Heberth Juliano.
II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

Diego Henrique Afonso

**Conformidade do teor de nitrito em produtos cárneos no Brasil: uma meta-análise
comparativa com os limites legais vigentes**

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências Exatas –
FACET, Universidade Federal da
Grande Dourados, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Licenciado em Química.

Orientador: Prof^º. Dr. Heberth Juliano
Vieira
Área de concentração: Química
(10600000).

Dourados - MS
2025

Diego Henrique Afonso

**Conformidade do Teor de Nitrito em Produtos Cárneos no Brasil: Uma Meta-Análise Comparativa
com os Limites Legais Vigentes**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como
parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciado em
Química junto à Universidade Federal da Grande Dourados.

Aprovado(a) em 11/12/2025.

Documento assinado digitalmente
 **HEBERTH JULIANO VIEIRA**
Data: 18/12/2025 15:55:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Heberth Juliano Vieira – Orientador

Documento assinado digitalmente
 **RAFAEL APARECIDO CARVALHO SOUZA**
Data: 18/12/2025 17:04:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rafael Aparecido Carvalho Souza - Membro

Documento assinado digitalmente
 **HERBERT LEE BARBOSA VERISSIMO DE BARROS**
Data: 18/12/2025 16:04:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Herbert Lee Barbosa Veríssimo de Barros - Membro

**Dourados
2025**

Agradecimentos

Agradeço de coração aos meus professores, verdadeiros mestres que deixaram marcas indelévels em minha jornada acadêmica. Foram eles que iluminaram meu caminho com conhecimento, paciência e dedicação, sempre dispostos a esclarecer minhas dúvidas e guiar meu aprendizado. Sou grato por cada lição, por cada conselho e por cada incentivo que recebi ao longo dessa trajetória.

Quero expressar minha profunda gratidão à minha mãe, cujo amor e apoio incondicionais foram a base sólida que me impulsionou a perseguir meus objetivos. Seu sacrifício e confiança em mim foram fontes inesgotáveis de motivação, e sou eternamente grato por tudo que fez e continua fazendo por mim.

E, acima de tudo, não posso deixar de dedicar um agradecimento especial à minha esposa. Você foi minha inspiração, meu alicerce e minha maior fonte de suporte durante todo esse percurso. Seu amor inabalável, seu encorajamento constante e sua compreensão incansável foram essenciais para que eu pudesse me concentrar nos estudos e superar os desafios. Obrigado por acreditar em mim quando eu mesmo duvidava, por me incentivar a continuar avançando quando eu me sentia exausto, e por celebrar cada conquista com alegria genuína. Sua presença ao meu lado tornou essa jornada significativa e memorável.

Também sou grato aos demais membros da minha família, cujo amor e apoio foram fundamentais ao longo de toda essa caminhada. Agradeço por estarem sempre presentes, mesmo que à distância, e por compartilharem comigo as alegrias e os desafios que enfrentei.

Por fim, gostaria de expressar minha sincera gratidão à meu orientador. Sua sabedoria, orientação foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho. Sua dedicação em me ajudar a alcançar meus objetivos e sua disponibilidade para esclarecer minhas dúvidas foram

inestimáveis. Sou imensamente grato pela oportunidade de aprender com você e por sua contribuição valiosa para o sucesso deste trabalho.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para minha jornada acadêmica, meu mais profundo agradecimento. Sem cada uma dessas pessoas especiais ao meu lado, eu não teria chegado até aqui.

“Que todos se formem com uma instrução não aparente, mas verdadeira, não superficial, mas sólida; ou seja, que o homem, enquanto animal racional, se habitue a deixar-se guiar, não pela razão dos outros, mas pela sua, e não apenas a ler nos livros e a entender, ou ainda a reter e recitar de cor a opinião dos outros, mas a penetrar por si mesmo até o âmago das próprias coisas e tirar delas conhecimentos genuínos e utilidade”.

Iohannis Amos Comenius

RESUMO

A preocupação com a conservação de alimentos surgiu com a prática da agricultura, levando ao desenvolvimento de conhecimentos que visam prolongar a durabilidade e validade dos produtos, aumentando sua vida útil nas prateleiras. Atualmente, devido ao aumento significativo do consumo de alimentos em conserva, os métodos de conservação desses produtos incluem a secagem e a adição de sal, além da adição de especiarias para evitar a deterioração causada por microrganismos. No caso de alimentos cárneos, conservantes químicos são empregados, sendo o nitrito de sódio amplamente empregado. Esse conservante contribui para a preservação, inibindo a proliferação de microrganismos, aumentando o tempo de prateleira e conferindo a coloração característica vermelho-rosa dos alimentos cárneos. O objetivo deste trabalho é realizar uma meta-análise de artigos científicos descritos para a determinação de nitrito em amostras de produtos cárneos comercializados nas cidades brasileiras. A meta-análise estimou que, em média, 20% dos produtos cárneos apresentam não-conformidade em relação aos limites legais de nitrito. Entretanto, esse resultado deve ser interpretado com cautela devido à heterogeneidade elevada observada ($I^2 = 98,13\%$), que sugere variação substancial entre os estudos incluídos. A dispersão provavelmente reflete diferenças metodológicas, tipos de produtos analisados e condições regionais. Ainda assim, mesmo considerando essa variabilidade, o achado indica que a não-conformidade é um problema real e presente no conjunto dos dados disponíveis.

Palavras chave: nitrito de sódio; meta-hemoglobina; câncer; conservante.

ABSTRACT

Concerns regarding food preservation emerged alongside the development of agriculture, leading to the creation of knowledge and practices aimed at extending the durability and shelf life of products. Currently, due to the substantial increase in the consumption of preserved foods, conservation methods include drying and salting, as well as the addition of spices to prevent spoilage caused by microorganisms. In the case of meat products, chemical preservatives are employed, with sodium nitrite being one of the most widely used. This preservative contributes to product stability by inhibiting microbial growth, extending shelf life, and providing the characteristic pink-red coloration of cured meats. The aim of this study was to conduct a meta-analysis of scientific articles reporting the determination of nitrite in samples of meat products commercialized in Brazilian cities. The meta-analysis estimated that, on average, 20% of meat products exhibit non-compliance with legal limits for nitrite. However, this result should be interpreted with caution due to the high heterogeneity observed ($I^2 = 98,13\%$), which indicates substantial variability among the included studies. This dispersion likely reflects methodological differences, types of products analyzed, and regional conditions. Nevertheless, even considering this variability, the findings suggest that non-compliance is a real and relevant issue within the available dataset.

Keywords: Sodium nitrite; Methemoglobin; Cancer; Preservative.

Sumário

1.	Introdução	10
1.1.	Nitrito de sódio	13
1.2.	Nitrato de sódio.....	15
1.3.	Coloração das mioglobinas em produtos cárneos.....	16
1.4.	Presença natural de nitratos nos alimentos	17
1.5.	Avaliação de nitrato e nitrito em produtos cárneos disponíveis no comércio.	17
1.6.	Meta-análise.....	19
2.	Objetivos.....	20
2.1.	Objetivo Geral.....	20
2.2.	Objetivos específicos	20
2.3.	Materiais e métodos	21
3.	Resultados e discussões	22
3.1.	Análise sistemática e meta-análise.....	22
3.2.	Consumo de carne processada na região centro-oeste.....	22
3.3.	Concentração de nitrito nas amostras avaliadas de produtos cárneos.....	24
3.4.	Meta-análise.....	25
4.	Considerações finais	28
5.	Referências	29

1. Introdução

Os alimentos podem ser de origem animal ou vegetal e são formados por substâncias classificadas em nutrientes e não nutrientes. Os nutrientes são essenciais para sobrevivência dos seres vivos, apresentando função construtora (proteínas e alguns minerais), energética (carboidratos, proteínas e lipídios) e reguladora (vitaminas e minerais) (1).

Com o aumento populacional, houve a necessidade crescente de maior produção de alimentos, bem como a necessidade de aumento do tempo armazenamento destes alimentos por períodos mais extensos. As principais técnicas de armazenamento empregadas foram a salga e uso de gordura para evitar a degradação de alimentos perecíveis. Com o aumento da atividade industrial, substâncias químicas foram desenvolvidas com a finalidade de aumentar o tempo de armazenamento dos alimentos.

Nos alimentos processados podem estar presentes os chamados aditivos alimentares. De acordo com a portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997, aditivo alimentar é:

Qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento. Ao agregar-se poderá resultar em que o próprio aditivo ou seus derivados se convertam em um componente de tal alimento.

Estes aditivos podem ser classificados em: corante, conservador, edulcorante, espessantes, geleificante, estabilizante, aromatizante, umectante, regulador de acidez, acidulante, emulsionante/emulsificante, melhorador de farinha, realçador de sabor, fermento químico, glaceante, agente de firmeza, sequestrante, estabilizante de cor, espumante, agente de massa, antiespumante e anti-umectante (2).

Neste sentido, métodos e tecnologias de transformação foram desenvolvidas visando manter a qualidade dos produtos e maior tempo de prateleira. Além disso, estas substâncias químicas agem como antioxidantes, contornando o efeito da exposição do alimento ao oxigênio molecular atmosférico, prolongando o tempo de prateleira dos alimentos.

O uso de compostos como sais de nitrito e nitrato em produtos cárneos existe há séculos. Com o desenvolvimento das técnicas de conservação dos alimentos, ampliou-se o

desenvolvimento e consumo de diferentes tipos de alimentos cárneos processados. O emprego destas substâncias químicas em produtos cárneos processados permitiu o aumento do tempo de prateleira dos produtos cárneos, ampliando a oferta desses derivados à população (3). Além de melhorar o sabor e a aparência dos produtos, o uso destas substâncias também têm propriedades preventivas contra a germinação e proliferação de esporos e de certas bactérias. Desta forma, o ser humano consegue preservar as propriedades dos alimentos, prolongando sua durabilidade com menor alteração do sabor possível.

A exposição diária da população em geral aos íons nitrato e nitrito é influenciada tanto pelos hábitos culturais, como pelo estilo de vida e localização geográfica (4). O controle da quantidade recomendada deste aditivo é crucial, pois, quando ingerido, pode-se torna tóxico ao indivíduo e pode gerar o desenvolvimento de diferentes tipos de câncer (5). Existem vários estudos relacionando os danos que os nitritos e nitratos podem causar em nosso corpo. Os estudos não são conclusivos, porém é sabido que a adição de alta quantidades de sais de nitritos pode acarretar toxicidade ao indivíduo, pois está associada à formação de uma classe de substâncias, as nitrosaminas. Essas substâncias são reconhecidas como potencialmente cancerígenas, segundo a Agência Internacional para Estudos sobre o Câncer, uma agência especializada da Organização Mundial da Saúde (OMS) das Nações Unidas (ONU) (6, 7).

Dentre os produtos alimentícios processados que apresentam adição de nitrito e nitrato, destacam-se os embutidos cárneos ultraprocessados. Observou-se que entre os anos de 2008 a 20018, houve um aumento no consumo de embutidos (linguiças) na região Norte e Nordeste, de 20% e 70% respectivamente. Durante o mesmo período, houve uma queda de aproximada de 20% de salsichas nas mesmas regiões (8). O consumo de salsichas pela população das regiões estimadas em 2019 foram 328 g pessoa/ano na região Norte, 693 g pessoa/ano região Nordeste e 109 g pessoa/ano para a região Centro-Oeste. A média de consumo de salsichas nas regiões Sul e Sudeste é de 292 g pessoa/ano. O produto cárneo processado de maior consumo per capita é a linguiça na região Sudeste, alcançando cerca de 1971 g pessoa/ano. O produto cárneo processado de menor consumo é o presunto, sendo 36 g pessoa/ano (região Norte) e 73 g pessoa/ano nas regiões Centro Oeste e Nordeste (8, 9).

O nitrito de sódio e o nitrato de sódio são substâncias químicas amplamente utilizadas na indústria de alimentos cárneos ultraprocessados, como aditivos químicos com a finalidade de preservar e garantir a segurança desses alimentos, além de conferir-lhes um sabor característico (10). Esses dois compostos desempenham funções fundamentais na conservação adequada dos produtos, evitando o crescimento de bactérias, prolongando a sua vida útil. Além disso, eles também são responsáveis por realçar o sabor e a cor dos alimentos defumados,

tornando-os mais apetitosos aos consumidores. Vale ressaltar que o uso desses aditivos presentes nos alimentos processados e ultraprocessados, está de acordo com as regulamentações de segurança alimentar, garantindo assim a qualidade dos produtos defumados disponíveis no mercado (6). Ao escolher produtos cárneos defumados para consumo, é importante que o consumidor esteja ciente desses aditivos e saber que sua presença é essencial para garantir a qualidade do alimento. Embora sejam geralmente considerados seguros quando consumidos em doses adequadas, é importante consumir esses alimentos de forma equilibrada, como parte de uma dieta saudável e variada. Como qualquer aditivo alimentar, o nitrito de sódio e o nitrato de sódio devem ser utilizados com moderação. A classificação desses aditivos como seguros para consumo se dá pelo rigoroso controle e regulamentação das autoridades competentes, que estabeleceram limites máximos permitidos para sua presença nos alimentos. Estes limites máximos de consumo consideram a massa da substância ingerida e o peso corporal do consumidor.

Os aditivos têm a finalidade de conservar, intensificar ou modificar as propriedades dos alimentos, desde que não prejudiquem seu valor nutricional. Estes aditivos podem ser legalmente adicionados aos alimentos, desde que atendam à legislação vigente. Como substâncias adicionadas aos alimentos, o nitrato e nitrito desempenham um papel fundamental como agentes de cura¹ e fixadores de cor. As bactérias naturalmente presentes na microbiota da carne do animal de origem transformam o nitrato em nitrito. O nitrito, por sua vez, é convertido a óxido nítrico, um componente que interage com a mioglobina encontrada na carne, resultando na coloração característica de produtos curados (11). É importante mencionar que a utilização desses aditivos não é exclusiva da indústria de alimentos embutidos, eles também são empregados em outros produtos processados, como carnes enlatadas e defumados, com a mesma finalidade de preservação dos alimentos.

Além disso, vale ressaltar que o nitrito de sódio pode ser convertido em nitrosaminas nos diferentes tipos de alimentos, substâncias potencialmente cancerígenas (10). Estudos em animais mostram que os seres humanos são susceptíveis à carcinogênese por compostos *N*-nitroso e que a presença destes compostos em alguns alimentos pode ser considerada como um fator de risco etiológico para certos cânceres humanos, incluindo cânceres do esôfago, estômago e nasofaringe (7, 12). Como exemplo da toxicidade em ratos, verifica-se que a DL50 da *N*-

¹ O termo cura de carnes se refere à conservação de um produto por adição de sal, compostos fixadores de cor (nitratos e/ou nitritos), açúcar e condimentos, onde também é obtida a melhora das propriedades sensoriais.

nitrosotiazolidina em ratos é de 1950 mg/kg_{pc}, enquanto que a *N*-nitrosomorfolina apresentou uma DL50 de 320 mg/kg_{pc}. (13). A exposição do produto a altas temperaturas ou em meios com baixos valores de pH, como durante o processo de cocção ou digestão favorece a formação destas nitrosaminas [10-12]. Portanto, é fundamental ter cuidado ao cozinhar ou processar alimentos que contenham esses aditivos, evitando temperaturas elevadas e buscando o equilíbrio e a moderação em sua ingestão (14).

A atual ingestão diária aceitável (IDA) de nitratos é de 3,7 miligramas por quilograma de peso corporal por dia (mg/kg de peso corporal/dia). O nível seguro de nitritos foi restabelecido em 0,07 mg/kg de peso corporal/dia (15).

No Brasil a ANVISA indica que o teor de nitrito em produtos cárneos processados não deve exceder a 150 mg/kg, como nitrito de sódio. Considerando um adulto de 80 kg, a ingestão de 50 g de salsicha já ultrapassa o valor aceitável de ingestão de nitrito.

Li et al. (2012) determinaram compostos *N*-nitroso em salsichas. Neste trabalho foram encontrados *N*-nitrosodimetilamina, *N*-nitrosodietilamina e *N*-nitrosopirrolidina (14). Foi observado que o processo de fritura das salsichas provoca um aumento considerável do teor destas substâncias. Avaliando o processo de preparo, verificou-se que o cozimento por forno de micro-ondas é aquele no qual se obteve menores concentrações das aminas formadas. O teor total de nitrosaminas nas amostras foi de 5,3 µg/kg (14).

É importante destacar a recomendação ao consumidor para consultar um profissional de saúde antes de introduzir produtos contendo nitrito de sódio, ou nitrato na dieta, especialmente para pessoas que tenham sensibilidade ou intolerância a essas substâncias. Em resumo, o nitrito de sódio e o nitrato de sódio são aditivos alimentares amplamente utilizados na indústria de alimentos defumados, embutidos e enlatados, exercendo funções vitais na preservação, sabor e segurança desses produtos, desde que consumidos dentro dos limites estabelecidos e como parte de uma dieta equilibrada. É importante estar ciente de seus efeitos e cuidar para que sua ingestão seja moderada e segura.

1.1. Nitrito de sódio

O nitrito de sódio (E250) é um aditivo químico utilizado na indústria alimentar para conservação e coloração de produtos. O sal no estado sólido apresenta uma aparência cristalina, sendo bastante solúvel em água (16, 17).

Na indústria alimentícia, o nitrito é frequentemente utilizado como conservante em produtos cárneos processados, tais como presunto, salsicha, linguiça, bacon, salame, mortadela,

peito de peru e *blanquet* de peru². A forma de uso pode ser nitrito de sódio ou nitrito de potássio. O objetivo de seu emprego é impedir o crescimento de microrganismos indesejáveis, como bactéria *Clostridium botulinum* e fungos como *Aspergillus spp.* e *Candida spp.*, que podem causar deterioração dos alimentos e transmitir doenças pelos alimentos (18). Estudos indicam que o uso de nitrito contribui para o controle de diversos outros patógenos, como *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* e *Clostridium perfringens* (18, 19).

Além de sua função conservante, o nitrito também é responsável por acentuar uma cor mais atraente aos produtos cárneos, contribuindo para uma melhor apresentação visual e aumento da aceitação pelo consumidor. Essa coloração característica ocorre devido à reação química entre o nitrito e a mioglobina presente na carne, resultando na formação de pigmentos chamados nitrosomioglobinas (20).

No entanto, apesar dos benefícios proporcionados pelo nitrito de sódio na conservação e coloração de alimentos, algumas preocupações em relação à sua segurança para a saúde humana têm sido levantadas. Estudos indicam que o consumo excessivo de nitrito pode estar associado ao aumento do risco de certos tipos de câncer, como o câncer colorretal (5). Um recente estudo envolvendo revisão sistemática e meta-análise avaliou a hipótese da presença de nitrito e nitrato contida na água potável pode ter algum efeito no desenvolvimento de câncer colorretal. Neste estudo contendo 2,5 milhões de participantes, a concentração destas aminas não foi associada ao desenvolvimento de câncer colorretal (21).

Estudo associando o consumo de nitrato e nitrito ao desenvolvimento de 13 tipos de diferentes cânceres encontrou um efeito entre o consumo e aparecimento de câncer renal, bexiga, estômago e pâncreas (22). Os autores avaliam em seu trabalho que diversos estudos apresentaram resultados inconclusivos quanto à associação entre câncer e ingestão alimentar de nitratos e nitritos.

Por esse motivo, as autoridades regulamentadoras têm estabelecido limites máximos permitidos para o uso de nitrito de sódio, visando garantir a segurança dos consumidores no consumo. No entanto, é importante ressaltar que quando utilizado em quantidades adequadas e em conformidade com as regulamentações, o risco à saúde é considerado mínimo.

A fim de evitar a ingestão excessiva de nitritos provenientes de alimentos processados, é recomendado que os consumidores limitem o consumo desses produtos e priorizem uma alimentação equilibrada e rica em alimentos frescos e naturais. A leitura atenta dos rótulos dos

² O Blanquet de peru é o peito de peru moído e cozido.

alimentos também é essencial, permitindo que os consumidores identifiquem a presença de nitrito de sódio e façam escolhas conscientes.

1.2. Nitrato de sódio

O nitrato de sódio (E251) e nitrato de potássio (E252) são compostos químicos utilizados como aditivo alimentar em produtos cárneos processados e ultraprocessados, tendo como função principal a conservação desses alimentos, especialmente carnes defumadas (16, 17).

Sua principal ação consiste em formar um estoque de substâncias que serão convertidas a íon nitrito. Desta maneira, a formação de nitrito inibirá o desenvolvimento de bactérias patogênicas, como o *Clostridium botulinum*, responsáveis pela produção de toxinas em produtos cárneos processados e ultraprocessados (18).

No entanto, é importante ressaltar que a utilização excessiva de nitrato de sódio em alimentos processados pode oferecer riscos à saúde, pois também está associada à formação de nitrosaminas. Por esse motivo, existem regulamentações rigorosas que limitam a quantidade de nitrato de sódio permitida em alimentos. Jones et al (2016) verificaram a associação significativas entre mulheres expostas a ingestão de água potável, com teor de nitrato superior a 5 mg/L, e casos de câncer de bexiga (23).

O nitrato é um composto que, durante o processo de uso, degrada-se em nitrito. Algumas cepas de *Lactobacillus* spp. e *Micrococcus* spp. liberam enzimas nitrato redutases que viabilizam a redução de nitrato para nitrito. Estas bactérias estão frequentemente presentes nos alimentos ou são introduzidas intencionalmente durante o processo de cura. Por isso, sua função principal em alimentos defumados é fornecer uma fonte controlada de nitrito (24).

Assim como o nitrito, o nitrato também desempenha um papel importante na inibição do crescimento de bactérias prejudiciais, como o *Clostridium botulinum*. Além disso, o nitrato de sódio também contribui para a cor e o sabor dos produtos de carne curada, proporcionando um aspecto mais apetitoso e característico.

É válido ressaltar que o uso de nitrito de sódio e nitrato de sódio em alimentos é fortemente regulamentado em diversos países, devido às preocupações com a segurança alimentar e a formação de nitrosaminas. As concentrações e limites de uso são estritamente monitorados para assegurar que os alimentos sejam seguros para o consumo humano.

Um número crescente de fabricantes de alimentos estuda soluções naturais e métodos de conservação, como forma de reduzir o uso desses dois compostos químicos. Extratos de plantas como sálvia, cravo e noz-moscada são utilizados para reduzir o teor de nitrito nos alimentos (18). Desta forma, ao adquirir produtos defumados, é absolutamente vital que se verifiquem os rótulos e que sejam escolhidos aqueles que cumprem com todos os regulamentos de segurança alimentar em vigor no país.

Nitratos e nitritos são incorporados propositadamente em produtos de carne, com o objetivo de preservação e para conferir aos produtos processados uma cor e sabor distintos. No entanto, também são encontrados em vegetais, seja de forma natural ou por meio de contaminação do solo, água e fertilizantes (25).

1.3. Coloração das mioglobinas em produtos cárneos

Nesta etapa, destacamos a função dos íons no processamento de alimentos cárneos. A *mioglobina* é uma proteína que armazena e transporta oxigênio nos músculos esquelético e cardíaco. Essa proteína é a entidade responsável por conferir a coloração da carne. Em organismos vivos, o teor de oxigênio dissolvido no sangue influencia a conversão em 03 diferentes proteínas: a desoximioglobina, a oximioglobina e a metamioglobina (26).

A *desoximioglobina* apresenta coloração vermelho-púrpura, devido à ausência de oxigênio; a *oximioglobina* é formada na presença de O₂, conferindo a coloração vermelho-brilhante. A *oximioglobina* é a entidade que carrega o oxigênio molecular para as células do corpo. Quando o organismo apresenta pressão reduzida de O₂, forma-se a *metamioglobina*, que apresenta coloração marrom.

Em casos de alta pressão de monóxido de carbono, ocorre a formação da *carboximioglobina*, que apresenta coloração vermelho intenso.

No processo de cura de produtos cárneos, a adição de aditivos permite a redução dos Fe³⁺ em Fe²⁺, no qual estes íons estão presentes no grupo heme da hemoglobina³. A adição de nitrito, convertido a óxido nítrico (NO), complexa os Fe²⁺ formando a *nitrosomioglobina*, que confere a coloração vermelha-brilhante, características de produtos crus curado. Estas proteínas sofrem desnaturação, quando aquecidas, formando o *nitrosohemocromo*, de coloração rosa (26).

³ O grupo heme é um componente não proteico essencial em várias proteínas, como a hemoglobina e a mioglobina, que contém um átomo de ferro no centro de um anel chamado porfirina.

1.4. Presença natural de nitratos nos alimentos

Nos vegetais, a presença de nitritos e nitratos ocorre de maneira natural. Um estudo determinou concentrações de nitrato na faixa de 2,1 a 4.526,3 mg kg⁻¹ foram encontradas na rúcula (*Eruca sativa* L.), seguida pela acelga (*Beta vulgaris* L.). A concentração de nitrito foi encontrada na faixa de 3,3 a 537,9 mg kg⁻¹ em 36,5% das hortaliças folhosas destinadas ao consumo sem tratamento térmico prévio (18, 27).

Além dos vegetais, as principais fontes de exposição a nitratos e nitritos na alimentação incluem produtos processados de carne, peixes e aves processados e defumados, aos quais são adicionados nitratos e/ou nitritos como aditivos químicos. As plantas são a principal fonte de nitratos, enquanto os produtos processados e curados são a principal fonte de nitritos (25).

1.5. Avaliação de nitrato e nitrito em produtos cárneos disponíveis no comércio

Nesta etapa, verifica-se o contexto de concentração das espécies nitrato e nitrito em produtos cárneos vendidos em diversas regiões do Brasil. Tavella et al. (2023) avaliaram o teor de nitrito em 60 amostras de linguças frescas coletadas em 4 feiras livres localizadas nos municípios de Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul. As amostras foram compostas por 20 amostras de linguças frescas de cada município (28). Nas amostras de São Bernardo do Campo, os teores de nitrato variaram entre 69,8 a 337, enquanto os teores de nitrito variaram de 45,3 a 292 mg/kg. Os teores de nitrato obtidos nas amostras coletadas em Santo André variaram entre 66,8 a 409,8 mg/kg. Os teores de nitrito nas mesmas amostras foram de 55,72 a 398,7 mg/kg. Na cidade de São Caetano do Sul os teores de nitrato variaram entre 66,5 a 984 mg/kg. Os teores de nitrito destas amostras variaram entre 43,2 a 277 mg/kg. Nas amostras analisadas cerca de 15% e 33% das amostras foram não-conformes com relação ao teor permitido pela legislação, para os teores de nitrato e nitrito, respectivamente.

Um estudo para determinar os teores dos aditivos nitrito e nitrato foi realizado na cidade de Recife, em amostras comerciais de salsichas tipo hot-dog (n=54). Os teores de nitrito variaram entre 27,50 a 172 mg/kg. Os teores de nitrato variaram entre 62,50 a 482 mg/kg (29).

Hentges et al. (2016) avaliaram amostras de salsicha foram coletadas em dois municípios da Região do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, (30). O teor de nitrito variou entre 34,7 a 189 mg/kg. No caso do nitrato, os valores encontrados variaram entre 121,31 a 631,81 mg/kg. Das oito marcas analisadas neste trabalho, apenas três atenderam a legislação com relação aos teores de nitrato e nitrito, que é de 150 mg/kg. Os teores médios de nitrito

foram significativamente menores, e o teor médio de nitrato foram significativamente maiores do que os valores estabelecidos pelas referências utilizadas. Verificou-se que as amostras analisadas não há padronização em relação à adição desses aditivos pelas empresas.

O teor residual de nitrito de sódio em salsichas, comercializadas no Brasil, procedentes de indústrias fiscalizadas foram avaliados em um estudo que coletou aleatoriamente 44 embalagens de salsichas tipo *Hot Dog* inspecionadas e resfriadas (31). Os teores de nitrito encontrados nas amostras variaram entre 10,2 a 498 mg/kg. Neste estudo, cerca de 16% das amostras apresentaram teor de nitrito superior ao permitido pela legislação.

Os teores de nitrito e nitrato em amostras de linguiças produzidas no Vale do Taquari foram avaliados por Adami (2016) (32). Os teores de nitrito encontrados nas amostras analisadas foram de 2,23 mg/kg a 491 mg/kg (n=33). Cerca de 30,3 % das amostras analisadas apresentaram teores superior aquele preconizado pela legislação brasileira (150 mg/kg). Com relação aos teores de nitratos, cerca de 70% das amostras apresentaram concentração acima daquela preconizada pela legislação (300 mg/kg). Os teores de nitrato nas amostras variaram entre 62,1 a 868 mg/kg.

No estudo realizado na cidade de Natal/RN, foram analisadas um total de 60 amostras de linguiças, sendo 30 amostras do tipo frescal e 30 amostras do tipo cozida (33). Aproximadamente 26,7% das amostras apresentaram quantidades excessivas de nitrito. A violação dos limites de nitrito foi mais frequente nas linguiças tipo frescal não inspecionadas em comparação com as inspecionadas. Apesar de 73,3% das amostras estarem dentro dos limites legais de nitrito, 53,4% das linguiças não inspecionadas foram consideradas impróprias para consumo devido à sua origem desconhecida, o que representa um risco adicional à saúde pública. O estudo sugere a necessidade de um controle mais rigoroso por parte dos órgãos oficiais de inspeção para evitar riscos à saúde pública, destacando a importância de medidas de controle e educação sanitária.

A análise de 03 produtos processados, salsichas na cidade de Macaé/RJ encontraram a concentração de 11 mg/kg, 60 mg/kg e 74 mg/kg (34). Os níveis de nitritos (NO_2^-) nas salsichas analisadas estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, especificamente a Portaria nº 1004/1998 da ANVISA, que determina um limite máximo de 150 mg/kg.

A avaliação do teor de nitrito em 06 amostras de mortadelas comercializadas em Luziânia-GO e Brasília-DF, utilizando o método espectrofotométrico (35). As amostras avaliadas apresentaram valores de nitrito variando entre 15,7 a 42,7 mg/kg. Os resultados das análises de nitrito mostraram que todas as amostras de mortadela analisadas apresentaram teores de nitrito dentro dos limites exigidos pela legislação brasileira.

Silva (2021) avaliou os teores de nitrito em produtos comerciais disponíveis no mercado local de Natal (36). Os teores de nitrito encontrados nas amostras foram 7,67 e 25 mg/kg nas amostras de salsicha enlatada. Nas amostras de salsichas tipo Hot-dog as concentrações foram de 51,33 e 6,33 mg/kg. Nas amostras de salsichas de frango, os teores de nitrito foram 59,0 e 16,7 mg/kg.

Um estudo para avaliação dos teores destes aditivos em salsichas e mortadelas de marcas comerciais adquiridas em supermercados da cidade de Araraquara-SP foi realizado (37). Os produtos selecionados foram 03 produtos salsicha tipo *Hot Dog*, 02 produtos de mortadela suína e um produto de mortadela de aves. Os teores de nitrito das salsichas variaram entre 0,17 a 1,80 mg/100g. No caso do produto mortadela, o teor de nitrito variou de 0,73 a 2,04 mg/100g entre as marcas analisadas. Com relação ao teor de nitrato nas amostras de salsichas, os teores variaram de 3,16 a 18,9 mg/100g. Os teores de nitrato na mortadela das marcas avaliadas variaram de 2,93 a 7,05 mg/100g.

Um estudo sobre a quantificação de nitrato e nitrito em linguiças frescas de frango e pernil, em quatro lotes distintos de sete produtores disponíveis em mercados (37). Neste estudo, 56 amostras foram obtidas de 07 produtores. Os resultados indicam que 7,1% das amostras estavam em desacordo com a legislação. Nas amostras os teores de nitrito variaram entre 1,9 a 221 mg/kg. Duas amostras apresentaram teores acima do permitido. Os teores de nitrato determinados nas amostras variaram entre 7,6 a 312 mg/kg. Apenas uma amostra analisada apresentou valor superior ao permitido pela legislação.

1.6. Meta-análise

A meta-análise é uma ferramenta estatística destinada a avaliar os resultados de diferentes estudos que investigam uma mesma questão. No contexto da avaliação do teor de nitrito em produtos cárneos, a meta-análise possibilita sintetizar dados provenientes de diversas pesquisas ou artigos, realizadas em diferentes regiões, períodos e condições analíticas, reunindo essas evidências de forma estruturada e reproduzível. Ao contrário das revisões narrativas, que apresentam uma síntese descritiva, a meta-análise emprega procedimentos estatísticos que resultam em estimativas mais precisas e generalizáveis acerca da prevalência de amostras que atendem ou não à legislação vigente.

O processo meta-analítico envolve etapas metodológicas rigorosas, como a definição da pergunta de pesquisa, a seleção dos estudos, a extração padronizada dos dados e a aplicação de modelos estatísticos específicos. Entre esses modelos, destacam-se os de efeitos fixos, que

assumem a existência de um único efeito verdadeiro comum a todos os estudos, e os de efeitos aleatórios, que admitem variações reais entre as pesquisas devido a diferenças metodológicas, tipos de produtos analisados, matrizes cárneas, técnicas analíticas e condições de fabricação. A heterogeneidade entre estudos é quantificada por indicadores como I^2 e τ^2 , permitindo avaliar a consistência dos resultados e identificar possíveis fontes de variação entre as investigações incluídas. Adicionalmente, verificam-se potenciais vieses de publicação por meio de gráficos de funil (*funnel plots*) e testes estatísticos apropriados.

A aplicação da meta-análise ao tema do nitrito em produtos cárneos é especialmente relevante porque os estudos individuais apresentam tamanhos amostrais variados ou reduzidos, metodologias analíticas distintas e resultados divergentes. A meta-análise permite uma visão quantitativa capaz de inferir sobre o cenário analisado, fornecendo uma estimativa combinada do atendimento à legislação. Esses achados possuem implicações diretas na área de saúde pública, segurança alimentar e vigilância sanitária, visto que o nitrito é um aditivo regulamentado com limites máximos estabelecidos por sua toxicidade potencial e seu papel na formação de nitrosaminas.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Contribuir para a base de conhecimento científico que pode ajudar a melhorar a segurança alimentar e a saúde pública, fornecendo informações atualizadas e relevantes sobre a presença desses aditivos em determinados alimentos.

2.2. Objetivos específicos

- a) Analisar concentrações de nitrato e nitrito em diversos tipos de produtos cárneos, buscando compreender as diferenças entre eles.
- b) Contrastar os níveis de nitrato e nitrito encontrados nos produtos com os valores máximos estabelecidos na portaria RDC nº 778, de 1º de março de 2023 (ANVISA), a fim de avaliar se estão dentro dos limites permitidos;

- c) Examinar o impacto desses níveis de nitrato e nitrito na saúde dos consumidores, comparando-os com a Ingestão Diária Aceitável (IDA) recomendada, para determinar possíveis riscos à saúde;
- d) Realizar o levantamento dos teores de nitrito em produtos cárneos e aplicar uma meta-análise para consolidar e interpretar os dados obtidos, permitindo uma avaliação integrada da presença de nitrito nesses alimentos.

2.3. Materiais e métodos

O presente trabalho trata de um levantamento de trabalhos acadêmicos e artigos publicados em revistas científicas que trataram da determinação de nitrato e nitrito em produtos cárneos em cidades do Brasil. Nestes trabalhos, foram obtidos o número e tipo de amostras, bem como a concentração encontrada.

Foram consultadas as Bases de dados SciELO, Google Scholar, além de buscar pelo buscador Google. Os critérios de busca foram “produtos cárneos” AND “nitrato” ou “produtos cárneos” AND “nitrito”. Os critérios de exclusão adotados foram (i) dados insuficientes, (ii) ausência de valores de nitrito e (iii) falta da descrição do método analítico utilizado. A última etapa foi a padronização da concentração como $\text{mg}_{(\text{nitrito})}/\text{kg}_{\text{produto}}$.

A meta-análise foi conduzida utilizando o software Jamovi (versão 2.0.0.0), empregando o modelo de efeitos aleatórios (Random-Effects Model) com estimativa de heterogeneidade pelo método de DerSimonian–Laird, a fim de integrar as proporções de amostras não conformes relatadas nos diferentes estudos analisados.

3. Resultados e discussões

3.1. Análise sistemática e meta-análise

Os artigos avaliados neste trabalho foram encontrados nas bases de dados abertas Scholar (www.scholar.google.com). Os artigos avaliados neste trabalho foram aqueles que tinham como objetivo avaliar o teor de nitrito nas amostras de produtos cárneos processados empregando método oficial de análise química. Ainda, foram avaliados aqueles artigos que evidenciaram a porcentagem de produtos avaliados que apresentaram resultados esperados dentro dos valores preconizados pela legislação brasileira. Entre os trabalhos considerados foram encontrados artigos científicos, teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso. Isto se deve, pois, estes trabalhos apresentaram resultados do teor de nitrito em amostras de produtos cárneos de diversas cidades do Brasil.

3.2. Consumo de carne processada na região centro-oeste

Analisando dados na Pesquisa de Orçamentos Familiares (2018-2019) verificou-se que a maior frequência de consumo de carnes processadas ocorre com adultos e adolescentes, conforme mostrado na Tabela 1. A maior frequência de consumo ocorre com linguiças, seguidas por salsichas e por mortadelas. Com relação ao consumo per capita, o produto cárneo processado é a linguiça (1095 g/ano), sendo consumida por adolescente e adultos. Com relação às salsichas, o maior consumo no centro-oeste ocorre com os adolescentes, sendo 54% maior que o consumo de adultos.

Com relação aos idosos, o produto cárneo processado de maior consumo é a linguiça, sendo a quantidade 70% maior que a soma de salsichas, mortadelas, presunto e outros frios e embutidos somados.

Tabela 1 - Dados de frequência de consumo, consumo *per capita* do Brasil e dados do centro-oeste

	Frequência consumo/% Brasil			Consumo per capita/ (g/dia)			Frequência consumo/%	Consumo g/ano
	Adolescentes	Adultos	Idosos	Adolescentes	Adultos	Idosos	Centro-oeste	Centro-oeste
Linguiça	6,4	6,1	4,2	4	4,3	2,4	5,6	1.095
Salsicha	2,6	1,5	0,9	1,7	1,1	0,5	0,4	109,5
Mortadela	2,9	1,6	1	1	0,6	0,3	0,8	73
Presunto	2	1,6	1,1	0,5	0,4	0,2	1,1	73
Outros frios e embutidos	0,8	0,7	0,9	0,4	0,3	0,4	0,2	0

Fonte: Pesquisa de Orçamentos Familiares (2018-2019).

3.3. Concentração de nitrito nas amostras avaliadas de produtos cárneos

Como resultado do levantamento bibliográfico, tem-se na Tabela 2 o valor médio determinado de nitrito nas amostras, bem como o desvio padrão desse valor médio.

Tabela 2 - Teor de nitrito em amostras de produtos cárneos avaliados

Referência	Tipo produto	n	[NO ₂ ⁻]	dp.
Adami (2015)	Linguiças	33	143	203,5
Ventura (2017)	Salsichas	44	90	123
Hentges (2016)	Salsichas	8	112,1	85,9
Tavella (2023)	Linguiças frescal	20	133,1	71,4
Duarte (2010)	Linguiça-não inspecionada	15	85,5	69,4
Duarte (2010)	Linguiça-inspecionada	15	67,1	58,9
Oliveira (2005)	Linguiças frescal	56	39,1	50,7
Melo Filho (2004)	Salsichas	54	91,4	41,4
Lírio (2017)	Salsicha	3	48,7	32,7
Borges (2016)	Mortadela	4	26,9	12,3
Diegues Oliveira (2014)	Salsicha	9	8,4	5,3
Diegues Oliveira (2014)	Mortadela	8	11,95	4,15

n: número de amostras analisadas nos trabalhos;

[NO₂⁻]: concentração média de nitrito das amostras avaliadas nos trabalhos;

dp.: desvio padrão das concentrações de nitrito encontradas nas amostras analisadas nos trabalhos.

Pode-se verificar que de acordo com os artigos avaliados, as concentrações média de nitrito nos produtos salsicha foi de 53,5 mg/kg_{produto}. A concentração média de nitrito nos produtos linguiças (inspecionadas e não inspecionadas) foi de 93,6 mg/kg. Já no produto mortadela, a concentração de nitrito foi de 26,9 mg/kg_{produto}. Verifica-se uma variabilidade da concentração entre produtos (salsichas, mortadela e linguiças), bem como uma grande variação na concentração de nitrito entre os produtos analisados (26,9 a 143 mg/kg_{produto}).

A partir dos dados da Tabela 2, pode-se calcular o teor médio ponderado de nitrito na qual se considera o teor de nitrito médio, bem como o número de amostras analisadas em cada trabalho. Neste caso, a concentração ponderada de nitrito é de 66,9 mg/kg_{produto}.

Considerando que um adulto de 80 kg faça a ingestão de 300 g de linguiça, e a concentração de nitrito seja 93,6 mg/kg, a ingestão de nitrito seria cerca de 28,1 mg. Pode-se comparar esta ingestão com a ingestão diária aceitável (IDA), para um indivíduo de 80 kg, que será de 5,3 mg de nitrito. Verifica-se que a ingestão de nitrito pela linguiça é cerca de 5 vezes o teor aceitável para o indivíduo.

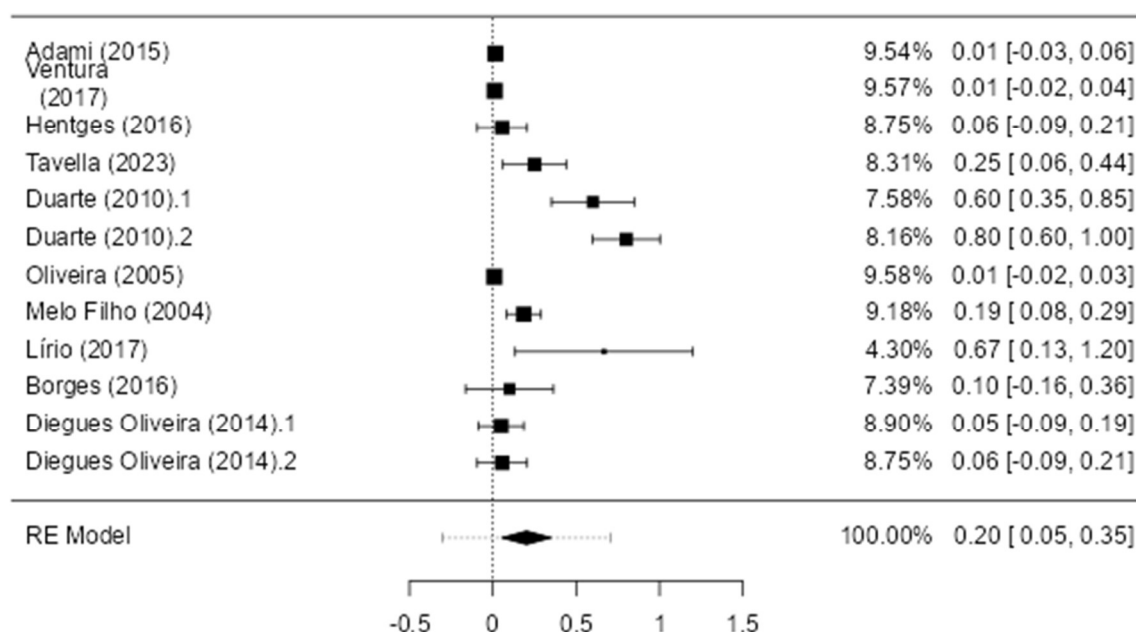
No caso de salsicha tipo hot-dog, uma salsicha apresenta uma massa de 38,5 g. considerando a média ponderada de salsicha (53,5 mg/kg) a ingestão de 01 unidade equivale a 2 mg de nitrito. A ingestão de 01 unidade de salsicha contribuirá em cerca de 38% da IDA de um indivíduo de 80 kg. Para uma criança de peso corpóreo de 20 kg, a ingestão de 01 unidade de salsicha extrapola em 42% o IDA do indivíduo (IDA de 1,4 mg/kg).

3.4. Meta-análise

O objetivo do trabalho é determinar um panorama do atendimento da legislação brasileira. A legislação preconiza um teor máximo de 150 mg nitrito/kg_{produto}. Neste trabalho, depois do levantamento dos trabalhos de determinação de nitrito em produtos cárneos, determinou-se a % de *não conformidade* dos produtos nos artigos levantados. Com os dados obtidos, mostrados na Tabela 2, foi realizada os cálculos da meta-análise e seus resultados descritos a seguir. O gráfico *Forest plot* foi apresentado para resumir os dados encontrados nos artigos selecionados, como mostrado na Figura 1. Cada linha horizontal em um gráfico *Forest plot* representa uma série de análises de nitrito incluídos na meta-análise. O comprimento da linha corresponde a um IC de 95% da estimativa do efeito da série de casos correspondente. Neste trabalho, o efeito avaliado é a % de *não conformidade* de atendimento da legislação sanitária sobre a concentração de nitrito em produtos cárneos. A estimativa do efeito de cada estudo avaliado é marcada por um quadrado preto sólido. O tamanho do quadrado representa o peso que o estudo correspondente exerce na meta-análise. A estimativa do efeito agrupada, indicada na parte inferior do gráfico, é marcada com um losango preto sólido. Os intervalos de confiança das estimativas agrupadas são exibidos como uma linha horizontal através do losango; onde a linha pode estar contida dentro do losango se o intervalo de confiança for estreito (38, 39).

Como resultado dos artigos avaliados neste trabalho, a proporção combinada foi de 20% de *não conformidade* de atendimento da legislação dos produtos cárneos contendo nitrito como aditivo químico (I.C. 5% a 35%, com nível de confiança de 95%), conforme indicado na Figura 1. Houve significância estatística quanto à heterogeneidade (valor de $I^2=98,13\%$) ($p<0,001$) mostrando maior heterogeneidade dos resultados dos artigos selecionados.

Figura 1 - Meta-análise comparando a % de não-conformidade de atendimento do teor de nitrito em produtos cárneos.



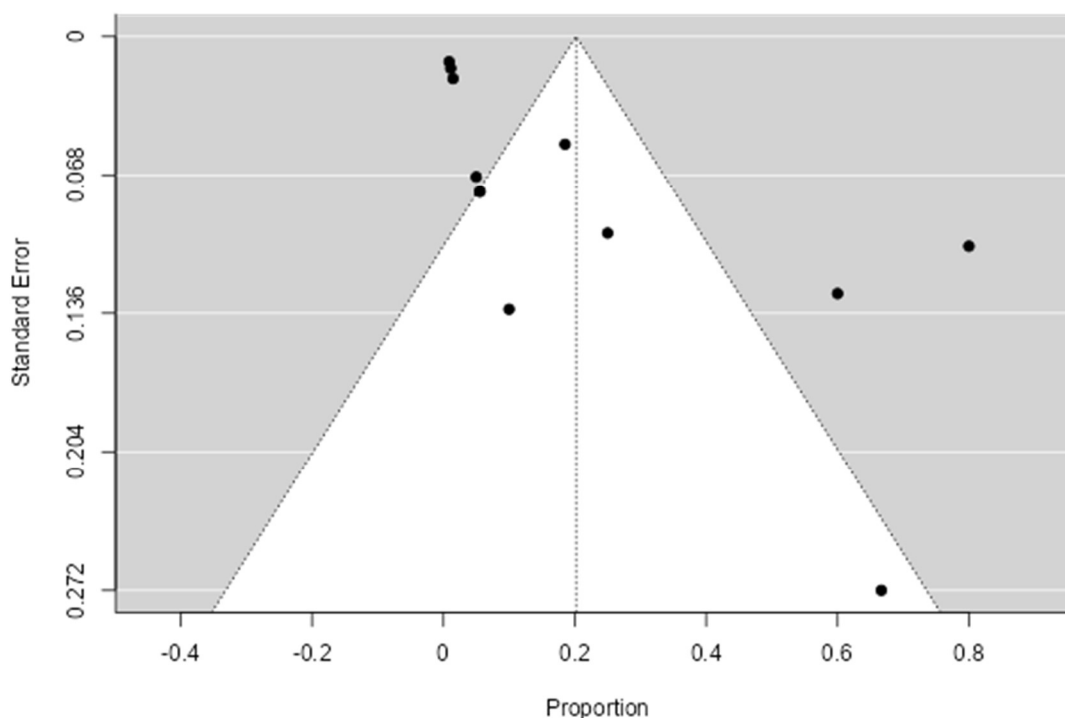
Fonte: autor.

Na estatística de heterogeneidade, o I^2 (I-quadrado) é uma medida que indica a proporção da variabilidade total nos efeitos observados entre os estudos que pode ser atribuída à heterogeneidade, ou seja, às diferenças reais entre os estudos em vez de variação aleatória. O valor do I^2 varia de 0% a 100%, onde valores mais elevados indicam maior heterogeneidade (39).

A meta-análise apresentou heterogeneidade estatisticamente elevada ($I^2 = 81,86\%$), caracterizando um nível elevado de variabilidade entre os estudos, de acordo com Higgins & Thompson (2002) (40). Esse valor sugere que grande parte da variação observada nas estimativas de teor de nitrito não se deve simplesmente ao acaso, mas sim a diferenças reais entre os estudos (tipo de produto, metodologia analítica, origem geográfica, entre outros fatores).

O gráfico de *funil*, apresentado na Figura 2, foi obtido por teste de Egger para avaliar a possibilidade de viés de publicação, pois são complementos úteis para meta-análises (38, 39).

Figura 2. Gráfico de funil assimétrico do resultado de % de não-conformidade do atendimento da legislação na análise do teor de nitrito em amostras de produtos cárneos ultraprocessados.



Fonte: autor.

O gráfico de funil obtido avalia a possibilidade de viés de publicação como complemento da análise estatística (39). Quando o gráfico de funil for assimétrico, ele sinaliza a possibilidade de viés de publicação, que é a tendência de as revistas científicas publicarem mais artigos com resultados positivos do que com resultados negativos. A distribuição dos artigos na Figura 2 mostra que a meta-análise identificou viés de publicação. Pode ser considerado que os autores têm a tendência de publicar artigos apenas com resultados de atendimento a legislação sanitária. Contudo, é importante destacar que a presença de assimetria também pode ser causada por elevada heterogeneidade entre os estudos, como observado nesta meta-análise, diferenças de metodologias ou variabilidade entre tipos de produtos cárneos analisados, e não exclusivamente por viés de publicação.

A proporção combinada de 20% de *não atendimento* do teor de nitrito nos produtos cárneos pode ser justificada devido ao fato de que além de adicionar o nitrito, ocorre a adição de nitrato como uma reserva para a caída do teor de nitrito no tempo de prateleira. Pode ocorrer uma conversão do nitrato ao nitrito, antes da queda da concentração do nitrito, ocorrendo o acúmulo de nitrito nos produtos comerciais.

4. Considerações finais

O uso de nitrato e nitrito de sódio em alimentos, especialmente em produtos defumados, pode representar um risco à saúde devido à possibilidade de formação de nitrosaminas, associadas a problemas como o câncer. Embora sejam essenciais para prevenir o crescimento de microrganismos perigosos, como o *Clostridium botulinum*, seu uso deve ser restrito à ingestão aceitável. Países desenvolvidos já demonstram menor dependência desses aditivos, mas a ausência de substitutos eficazes mantém seu uso na indústria.

Promover escolhas alimentares conscientes, equilibradas e baseadas em informações confiáveis é essencial para mitigar os impactos negativos desses compostos. Regulamentações mais rigorosas, rotulagem transparente e práticas industriais responsáveis são passos fundamentais para melhorar a segurança alimentar. Além disso, consumidores devem ser educados sobre os riscos associados a esses aditivos, capacitando-os a optar por alimentos mais seguros.

A meta-análise realizada neste trabalho mostrou que 20% dos produtos cárneos ultraprocessados e processados não atendem a legislação com relação ao teor de nitrito ($150 \text{ mg/kg}_{\text{produto}}$). Isto se deve provavelmente a conversão do nitrato a nitrito ocorrido no produto na prateleira, como também pela adição de excesso de nitrito em excesso no processo de produção. O consumo de embutidos cárneos na região centro-oeste é, de maneira decrescente, linguiça, presunto, mortadela, salsicha e outros frios embutidos. Verifica-se que neste estudo, o consumo anual de linguiça é de 1.100 g/ano , enquanto salsicha é de 110 g/ano . Verificou-se que a concentração ponderada de nitrito em linguiça foi maior que $98 \text{ mg/kg}_{\text{produto}}$, na qual a ingestão de cerca de 300 g por um único indivíduo, pode atingir a IDA para nitrito.

A pesquisa contínua é crucial para desenvolver alternativas mais saudáveis e sustentáveis, sem comprometer a qualidade ou a segurança dos alimentos. Investimentos em tecnologia podem reduzir a dependência de nitratos e nitritos, promovendo uma indústria alimentícia mais inovadora e consciente.

6. Referências

1. BRINQUES, Graziela B. **Bioquímica dos alimentos**. [S.l.]: Pearson, 2016. 160 p.
2. **BRASIL**. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997**. Aprova o Regulamento Técnico: aditivos alimentares, definições, classificação e emprego. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 28 out. 1997.
3. LAUER, K. The history of nitrite in human nutrition: a contribution from German cookery books. **Journal of clinical epidemiology**, United States, v. 44, n. 3, p. 261–4, 1991.
4. ANDRADE, RAQUEL. *Desenvolvimento de métodos analíticos para determinação de nitrato, nitrito e N-nitrosaminas em produtos cárneos*. 2004. Dissertação (Mestrado) ou Tese (Doutorado) — UNICAMP, Campinas, 2004.
5. NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM (NTP). *N-Nitrosamines: 15 listings*. 2021.
6. LEE, S. *et al.* Microbiological safety of processed meat products formulated with low nitrite concentration: a review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Korea (South), v. 31, n. 8, p. 1073–1077, 2018.
7. STRAIF, KURT *et al.* Exposure to high concentrations of nitrosamines and cancer mortality among a cohort of rubber workers. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 57, p. 180–187, 2000. ISSN ISSN: 1351–0711. Disponível em: <<https://oem.bmj.com/content/57/3/180>>.
8. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE)**. *Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017–2018: primeiros resultados*. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 120 p. ISBN 978-65-87201-15-3.
9. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE)**. *Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008–2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 150 p.
10. SHAKIL, MYNUL HASAN *et al.* Nitrites in Cured Meats, Health Risk Issues, Alternatives to Nitrites: A Review. *Foods* (Basel, Switzerland), Switzerland, v. 11, n. 21, October 2022.
11. ZANARDI, Emanuela *et al.* Comparative study on nitrite and nitrate ions determination. **Annali della Facoltà di Medicina Veterinaria di Parma**, v. 22, p. 70–86, 2002.
12. TRICKER, A. R.; PREUSSMANN, R. Carcinogenic N-nitrosamines in the diet: occurrence, formation, mechanisms and carcinogenic potential. **Mutation research/genetic toxicology**, v. 259, p. 277–289, 1991.
13. NISHIE, K.; FIDDLER, W.; PENSABENE, J. W. Comparison of the acute toxicities of *N-nitrosothiazolidine* and *N-nitrosomorpholine*. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, v. 13, p. 595–608, 1984.

14. LI, LING et al. Influence of various cooking methods on the concentrations of volatile N-nitrosamines and biogenic amines in dry-cured sausages. **Journal of food science**, United States, v. 77, n. 5, p. C560-5, mai. 2012.
15. **JOINT FAO/WHO EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES (JECFA).** *Evaluation of certain food additives*. Geneva: World Health Organization, 2009. 208 p. (*WHO Technical Report Series*).
16. **BRASIL.** Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 540-SVS/MS, de 27 de outubro de 1997.** Aprova o Regulamento Técnico: aditivos alimentares — definições, classificação e emprego. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 28 out. 1997.
17. **BRASIL.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 778, de 1º de março de 2023.** Dispõe sobre os limites máximos de aditivos em alimentos e embalagens. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 mar. 2023. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-778-de-1-de-marco-de-2023-469579646>. Acesso em: 26 fev. 2025.
18. ALAHAKOON, AMALI U. et al. Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, p. 37–49, 2015.
19. WU, JIAN et al. Evaluation of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* Survival and Growth during Cooling of Hams Cured with Natural-Source Nitrite. **Journal of Food Protection**, v. 84, p. 286–290, 2021.
20. SANCHEZ MAINAR, MARÍA et al. Alternatives for nitrate and nitrite in fermented meat products: potential contribution of the nitric oxide synthase activity of coagulase-negative staphylococci. **Archives of Public Health**, v. 72, p. 04, 2014. ISSN:2049-3258.
21. HOSSEINI, FATEMEH et al. Nitrate-nitrite exposure through drinking water and diet and risk of colorectal cancer: A systematic review and meta-analysis of observational studies. **Clinical nutrition** (Edinburgh, Scotland), England, v. 40, n. 5, p. 3073–3081, 2021.
22. SAID ABASSE, KASSIM et al. Association between dietary nitrate, nitrite intake, and site-specific cancer risk: a systematic review and meta-analysis. **Nutrients**, v. 14, p. 666, 2022.
23. JONES, RENA R. et al. Nitrate from Drinking Water and Diet and Bladder Cancer Among Postmenopausal Women in Iowa. **Environmental health perspectives**, United States, v. 124, n. 11, p. 1751–1758, 2016.
24. SANCHEZ MAINAR, MARIA et al. Alternatives for nitrate and nitrite in fermented meat products: potential contribution of the nitric oxide synthase activity of coagulase-negative staphylococci. **Archives of Public Health**, v. 72, p. 1–2, 2014.

25. BENEVIDES, C. M. de J. *et al.* Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 67–79, 2011.
26. GLADWIN M. T., KIM-SHAPIRO D. B. The functional nitrite reductase activity of the heme-globins. **Blood**, v. 112, p. 2636–2647, 2008.
27. LUETIC, SANJA *et al.* Leafy vegetable nitrite and nitrate content: potential health effects. **Foods**, v. 12, p. 1655, 2023.
28. TAVELLA, ALAN. Quantificação do íon nitrito em linguiças do tipo frescal, comercializadas sem identificação de origem em feiras livres da região do ABC-SP. **Revista Científica SENAI-SP-Educação, Tecnologia e Inovação**, v. 2, p. 76–97, 2023.
29. MELO FILHO, A. B. DE; BISCONTINI, TELMA M. B.; ANDRADE, SÂMARA A. C. Níveis de nitrito e nitrato em salsichas comercializadas na região metropolitana do Recife. **Food Science and Technology**, v. 24, p. 390–392, 2004.
30. HENTGES, DENISE *et al.* Nitrite and nitrate levels in sausages. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 29, p. 27–33, 2016.
31. VENTURA, SHEILA F. *et al.* Nitrito residual em salsichas comercializadas no Brasil procedentes de indústrias fiscalizadas pelo Serviço de Inspeção Federal. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 39, p. 111–114, 2017.
32. ADAMI, F. S.; GIOVANAZ, L. S.; ALTENHOFEN, G.; BOSCO, S. M. D.; MARCADENTI, A.; OLIVEIRA, E. C. Análise microbiológica e de nitrito e nitrato em linguiça. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, p. 1–7, 2015.
33. DUARTE, MARJORIE TOLEDO. *Avaliação do teor de nitrito de sódio em linguiças do tipo frescal e cozida comercializadas no estado do Rio de Janeiro*, Brasil. 2010. 86 f. **Tese (Doutorado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal)** - Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.
34. LÍRIO, THAÍS F.; DA S. BRITO, BIANCA M.; ANTUNES, WARLLEY L. Avaliação dos níveis de nitrito em salsichas comercializadas na cidade de Macaé/RJ. **Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana**, v. 6, p. 10–14, 2017.
35. SANTOS BORGES, ANTONIA DOS; SÁ, PAULA F. G. DE. Investigação do teor de nitrito em amostras de mortadelas comercializadas em Luziânia-GO e Brasília-DF. **Journal of Health Sciences Institute**, v. 34, p. 173–176, 2016.
36. SILVA, Guilherme Barbosa Lima. *Determinação espectrofotométrica de nitrito de sódio em salsichas comercializadas na cidade de Natal, RN*. 2021. 18f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia)** – Departamento de Farmácia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

37. OLIVEIRA, ESTELA MESQUITA DIEGUES DE. Nitrato, nitrito e sorbato em produtos cárneos consumidos no Brasil. [S.l.]: Universidade Estadual Paulista (Unesp), 28 nov. 2014.
38. BORENSTEIN, MICHAEL et al. **Introduction to meta-analysis**. [S.l.]: John Wiley & sons, 2021.
39. EL DIB, REGINA. Como interpretar uma metanálise? **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 21, e20220043, 2022. DOI: 10.1590/1677-5449.202200431.
40. HIGGINS, JULIAN P. T.; Thompson, Simon G. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. **Statistics in medicine**, England, v. 21, n. 11, p. 1539–58, Junho 2002.
41. WALKYRIA, H.; TAKAHASHI, MICHICO Y.; SILVEIRA, Neusa. Determinação de nitritos e nitratos em conservas de carne. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 38, p. 161–166, 1978.
42. VIEIRA, P. Pesquisa e desenvolvimento driblam os defeitos mais comuns em embutidos. **Revista Nacional da Carne**, p. 80–84, 1999.
43. SOUZA, THAYANNE VARELA de. *Determinação espectrofotométrica de nitrito em amostras de bacon*. 2022. 21f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia)**, Departamento de Farmácia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.
44. SERAPHIM, KELLY REGINA; PEREIRA BASTOS DE SIQUEIRA, MARÍA ELISA. Nitratos e nitritos em queijos caseiros e industrializados comercializados na região sul de Minas Gerais, Brasil. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 50, p. 87–90, 2000.
45. RAGHIANTE, FERNANDA et al. Teor de nitritos em linguiças frescas artesanais produzidas em açougues no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. **Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal**, p. e0211051–e0211051, 2021.
46. OLIVEIRA, MILYAN JORGE DE; ARAÚJO, WILMA; BORG, LUIZ ANTÔNIO. Quantificação de nitrato e nitrito em linguiças do tipo frescal. **Food Science and Technology**, v. 25, p. 736–742, 2005.
47. **INSTITUTO ADOLFO LUTZ**. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.
48. DEVÈZE, CHRISTIANE CANATA. *Substituição de nitrito de sódio por extrato vegetal na elaboração de produto cárneo cozido enlatado*. [S.l.]: Universidade Estadual Paulista (Unesp), 19 out. 2021.
49. DA SILVA MACEDO, RENATA CRISTINA BORGES et al. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de salsichas do tipo hot dog na cidade de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, p. e118101119195–e118101119195, 2021.

50. **BRASIL.** Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997.** Aprova o Regulamento Técnico: aditivos alimentares, definições, classificação e emprego. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 28 out. 1997.