

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
TRIÂNGULO MINEIRO – *CAMPUS* UBERABA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**PALOMA DO CARMO DE BRITO**

**INCIDÊNCIA DE *Escherichia coli* PRODUTORA DE TOXINA SHIGA (STEC) EM  
RECORTES DE CARNE BOVINA**

**Uberaba - MG  
2025**

**PALOMA DO CARMO DE BRITO**

**INCIDÊNCIA DE *Escherichia coli* PRODUTORA DE TOXINA SHIGA (STEC) EM  
RECORTES DE CARNE BOVINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Alimentos.

Linha de pesquisa: Segurança Alimentar.

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Raghianti.  
Coorientador: Prof. Dr. Otávio Augusto Martins.

**Uberaba - MG  
2025**

Ficha Catalográfica elaborada pelo Setor de Referência do IFTM –  
*Campus* Uberaba-MG

B777i Brito, Paloma do Carmo de  
Incidência de *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga (STEC) em  
recortes de carne bovina/ Paloma do Carmo de Brito – 2025.  
38 f.: il.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Fernanda Raghianti.  
Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos) - Instituto Federal do Triângulo Mineiro- *Campus* Uberaba-  
MG, 2025.

1. Higiene. 2. Microbiologia. 3. Produtos cárneos. 4. Saúde pública.  
I. Raghianti, Fernanda. II. Título.

CDD 664.001579

**PALOMA DO CARMO DE BRITO**

**INCIDÊNCIA DE *Escherichia coli* PRODUTORA DE TOXINA SHIGA (STEC) EM RECORTES DE CARNE BOVINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Alimentos.

Linha de pesquisa: Segurança Alimentar

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Raghianti.

Coorientador: Prof. Dr. Otávio Augusto Martins.

**Uberaba - MG  
2025**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
TRIÂNGULO MINEIRO**

---

***PALOMA DO CARMO DE BRITO***

**"INCIDÊNCIA DE *Escherichia coli* PRODUTORA DE TOXINA SHIGA (STEC) EM RECORTES DE CARNE BOVINA"**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Defesa de dissertação apresentada ao Programa de Pós- graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Alimentos.

**Data da aprovação: 21/02/2025**

**MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:**

**Presidente e  
Orientador(a):**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Raghianti**

**IFTM - *Campus* Uberlândia**

**Membro Titular**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elaine Alves dos Santos**

**IFTM - *Campus* Uberlândia**

**Membro Titular**

**Dr<sup>a</sup>. Maria Teresa Nunes Pacheco Rezende**

**Prefeitura Municipal de Uberlândia**

**Local: Google Meet link <https://meet.google.com/ajq-sbut-gzi>**

<https://iftm.edu.br/autenticacao/?cod=9F157D7&crc=357FCD22&qrcode=bd1f18fbb2618f4b1bd301720d8278a7&validateDOC=>

2/3

**FERNANDA RAGHIANTE  
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO**



Documento assinado eletronicamente por FERNANDA RAGHIANTE, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 21/02/2025, às 10:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

**ELAINE ALVES DOS SANTOS  
DOCENTE PERMANENTE - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**



Documento assinado eletronicamente por ELAINE ALVES DOS SANTOS, DOCENTE PERMANENTE - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, em 21/02/2025, às 10:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

**MARIA TERESA NUNES PACHECO REZENDE**  
**MEMBRO EXTERNO DE BANCA DE QUALIFICAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

---



Documento assinado eletronicamente por MARIA TERESA NUNES PACHECO REZENDE, MEMBRO EXTERNO DE BANCA DE QUALIFICAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, em 21/02/2025, às 10:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://iftm.edu.br/autenticacao/> informando o código verificador 9F157D7 e o código CRC 357FCD22.

---

Referência: NUP: 23200.003643/2025-11

DOCS nº 0000694229

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus e a Nossa Senhora por estarem sempre comigo, guiando e iluminando o meu caminho com sabedoria e saúde. Obrigada por me darem a fé e a força necessária para lutar e não desistir frente aos obstáculos ao longo da jornada acadêmica.

Agradeço aos meus orientadores Fernanda Raghianti e Otávio Augusto Martins por aceitarem conduzir o meu trabalho de pesquisa. A todos os meus professores do mestrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro pela excelência da qualidade técnica de cada um.

À minha família e amigos que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

## RESUMO

Doenças causadas pela ingestão de alimentos e/ou água contaminados por micro-organismos patogênicos são comuns. Dentre os agentes patogênicos de maior relevância para a saúde pública destaca-se pelo seu fator de virulência a *E. coli* STEC, capaz de desencadear prejuízos à saúde culminando em diversos sintomas gastrointestinais, estendendo-se a distúrbios hemolíticos e danos renais. Os objetivos desse estudo foram: determinar a incidência de *E. coli* STEC em recortes de carne resfriada de bovino, produzidos em um abatedouro frigorífico de exportação sob Inspeção Federal no Brasil, avaliar o atendimento às legislações vigentes embasadas no controle de patógenos relacionados a surtos alimentares em carne bovina e o cumprimento dos planos de boas práticas de fabricação (BPF) em indústria produtora de alimentos, ressaltando a importância de trabalhos neste âmbito. Foram analisados resultados de *E. Coli* STEC em retalhos de carne bovina nos anos de 2022 e 2023. Por meio de um estudo retrospectivo, verificou-se dados analisados no ano de 2022, em que foram testadas 24 amostras de carne bovina, com resultado positivo para *E. coli* STEC em uma amostra, representando um percentual de desvio de 4,17 %. Em 2023, foram analisadas 24 amostras de carne bovina para análise de STEC com 100 % de conformidade. Das 48 amostras analisadas para identificação de *E. coli* STEC, somente uma apresentou como resultado a presença do micro-organismo, representando 2,08 % do total de amostras analisadas. Mediante aos resultados fica evidenciado a obrigatoriedade do cumprimento das leis sanitárias nas indústrias produtoras de alimentos.

Palavras-chave: higiene; microbiologia; produtos cárneos; saúde pública.

## ABSTRACT

Diseases caused by the ingestion of food and/or water contaminated by pathogenic microorganisms are common. Among the pathogens of greatest relevance to public health, *E. coli* STEC stands out due to its virulence factor, capable of triggering health damage culminating in various gastrointestinal symptoms, extending to hemolytic disorders and kidney damage. The objectives of this study were: to determine the incidence of *E. coli* STEC in chilled beef cutlets produced in an export slaughterhouse under Federal Inspection in Brazil, to evaluate compliance with current legislation based on the control of pathogens related to foodborne outbreaks in beef and compliance with good manufacturing practices (GMP) plans in the food producing industry, highlighting the importance of work in this area. Results of *E. coli* STEC in beef cutlets were analyzed in the years 2022 and 2023. Through a retrospective study, data analyzed in 2022 were verified, in which 24 beef samples were tested, with a positive result for *E. coli* STEC in one sample, representing a deviation percentage of 4.17%. In 2023, 24 beef samples were analyzed for STEC analysis with 100% compliance. Of the 48 samples analyzed for identification of *E. coli* STEC, only one showed the presence of the microorganism as a result, representing 2.08% of the total samples analyzed. Based on the results, it is evident that compliance with health laws in food producing industries is mandatory.

Keywords: hygiene; microbiology; meat products; public health.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mecanismo de patogenicidade de patogenicidade de <i>E. coli</i> STEC .....	18
Figura 2 – Método de coleta de retalhos de carne bovina .....	22
Figura 3 – Identificação da amostra de retalhos de carne bovina.....	23
Figura 4 – Pesagem da amostra de retalhos de carne bovina.....	23
Figura 5 – Amostra congelada de retalhos de carne bovina a ser enviada ao laboratório para análise de <i>E. coli</i> STEC .....	24
Figura 6 – Plano de Ação – Detecção de <i>E.Coli</i> STEC.....	28

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Frequências absoluta (FA), relativa (FR) e relativa em porcentagem (FR %) da pesquisa (presente e ausente) de <i>Escherichia coli</i> produtora de toxina Shiga (STEC) em recortes de carne bovina nos anos de 2022 e 2023 .....	29
---	----

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	OBJETIVOS .....	14
2.1	Objetivo geral .....	14
2.2	Objetivo específico .....	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1	Histórico .....	15
3.2	<i>E. coli</i> STEC.....	16
3.3	Fatores de virulência <i>E. coli</i> .....	17
3.4	Tratamento .....	19
3.5	Epidemiologia .....	19
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1	Amostragem .....	21
4.2	Método de coleta para retalhos de bovino .....	21
4.3	Análise microbiológica.....	23
4.4	Análise estatística .....	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6	CONCLUSÃO .....	32
	REFERÊNCIAS .....	33

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca mundialmente na produção e exportação de produtos cárneos. Em 2024, o país registrou um recorde histórico na exportação de carne bovina, atingindo 2,89 milhões de toneladas, um aumento de 26 % em relação a 2023. O faturamento alcançou US\$ 12,8 bilhões, 22 % a mais que no ano anterior. Segundo dados do MDIC (Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços) e da Abiec (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes), o setor foi um dos principais responsáveis pelo superávit da balança comercial brasileira, que totalizou US\$ 74,6 bilhões (Guedes; Centurion, 2025).

O alto consumo de carne e produtos cárneos em países em desenvolvimento, como o Brasil, tem impulsionado a preocupação das autoridades sanitárias com a qualidade e segurança dos alimentos. Esse aumento no consumo exige maior fiscalização e controle para garantir a saúde dos consumidores. Nesse sentido, a pesquisa de micro-organismos patogênicos em produtos e estabelecimentos produtores de carnes e derivados é essencial para identificar falhas em todas as etapas do processo, desde o abate até a industrialização, garantindo a segurança e qualidade dos alimentos (Soares *et al.*, 2021).

Dentre os micro-organismos de importância na indústria de carnes e derivados, destaca-se a bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*). Esta espécie pertence à família *Enterobacteriaceae*, com ampla distribuição na natureza e predominante no trato intestinal de humanos e animais. Enquanto *E. coli* comensal faz parte da microbiota intestinal e não é patogênica, existem oito categorias de *E. coli* diarreigênicas, que causam infecções intestinais devido à presença de fatores de virulência, como adesinas, toxinas e invasinas. Essas categorias incluem *E. coli*: enteropatogênica (EPEC); enterotoxigênica (ETEC); enteroinvasiva (EIEC); produtora de toxina Shiga (STEC); enteroagregativa (EAEC); difusamente aderente (DAEC); aderente- invasiva (AIEC); enteroagregativa produtora de toxina Shiga (STEAEC) (Silva *et al.*, 2024).

*E. coli* é uma bactéria mesófila que se multiplica em temperaturas que variam de 7° C a 45° C e em condições favoráveis entre 35° C e 42° C e faixa de pH entre 4 e 10. Logo após o nascimento, micro-organismos comensais como *Escherichia coli* podem coabitar o trato intestinal de animais de sangue quente podendo permanecer por toda a vida (Sy; Tree, 2021).

A bactéria *E. coli* patogênica possui boa adaptação a variados tipos de hospedeiros, devido a sua moldabilidade genética que propicia uma polarização de moléculas de virulência, sendo especialmente diversos (Sheikh, 2023). Este micro-organismo foi considerado o causador da terceira infecção bacteriana mais comum em surtos de origem alimentar na Europa, sendo

7.775 casos confirmados por análises laboratoriais, apresentando taxa de letalidade de 0,21 % (EFSA, 2021).

*E. coli* produtora de toxina Shiga (STEC) é reconhecida como um importante micro-organismo causador de surtos de DTHA, estando envolvida em doenças com sintomas que variam desde diarreia sanguinolenta, colite hemorrágica (CH) e a sintomas mais graves, como síndrome hemolítica urêmica (Zotta *et al.*, 2019). As infecções por STEC foram relatadas em vários países da América do Sul, incluindo uma epidemia na Argentina (Castro *et al.*, 2019). A classificação da toxina Shiga ocorre em duas subunidades classificadas em (A, subunidade de clivagem e B, subunidade de ligação) que são correspondentes a dois tipos (Stx1 e Stx2) e suas variantes Stx1 (a; c; d; e) e Stx2 (a ao l). As cepas ligadas a Stx2 possuem maior virulência (Koutsoumanis *et al.*, 2020).

O cumprimento e utilização dos programas de autocontrole (Boas Práticas de Fabricação - BPF, Procedimento Padrão de Higiene Operacional - PPHO, Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - APPCC e Procedimentos Sanitários Operacionais - PSO) em indústria de alimentos estabelece o controle higienicossanitário e o controle de micro-organismos causadores de problemas gastrintestinais e hemolíticos. Os programas de autocontrole são requisitos obrigatórios estabelecidos pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) como ferramentas para garantia da inocuidade e segurança dos alimentos (Brasil, 2020).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Determinar a incidência de *E. coli* STEC em recortes de carne resfriada de bovino sem osso produzidos em um abatedouro frigorífico de exportação sob Inspeção Federal no Brasil.

### 2.2 Objetivos específicos

- Analisar o emprego dos Programas de Autocontrole (PACs) ao longo processo produtivo da carne bovina nas áreas de esola e evisceração dentro do setor de abate, a fim de identificar falhas operacionais e de boas práticas que possam interferir na qualidade sanitária do produto;
- Avaliar a incidência de resultados positivos para o micro-organismo *E. coli* STEC na empresa, através das análises laboratoriais, previamente estabelecidas pelo controle de qualidade da indústria e pelo DIPOA (Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal);
- Verificar o atendimento ao preconizado nas legislações vigentes para os resultados microbiológicos, assim como o estabelecimento de planos de ações e cumprimento do programa de autocontrole (PAC) no intuito de prevenir a recorrência e aparecimento deste micro-organismo nos retalhos de carne bovina.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Histórico

As doenças infecciosas são responsáveis por consideráveis taxas de morbidade e mortalidade em todo o mundo, e dentre as bactérias patogênicas importantes para a saúde pública mundial, destacam-se *Salmonella* spp. e *Escherichia coli*, cuja principal via de transmissão envolve o consumo de alimentos contaminados. *Salmonella* é considerada uma das quatro principais causas de doenças diarreicas em todo o mundo (WHO, 2022), enquanto patótipos de *E. coli* podem causar diarreia com diferentes graus de gravidade, infecções no trato urinário, problemas respiratórios, pneumonias, entre outros (CDC, 2024).

A ingestão de alimentos com a presença de micro-organismos maléficos à saúde desencadeia sintomas que variam de vômitos a diarreias, conforme o agente transmissor patogênico ou a toxina produzida no alimento e a quantidade de alimento ingerido (Araújo Júnior *et al.*, 2020).

A incidência de DTHA é mais comum em regiões subdesenvolvidas, onde a qualidade da água é insatisfatória para o consumo humano (Oliveira; Ferreira, 2021). A ausência de hábitos higiênicos inadequados corroboram para o aparecimento e manutenção de DTHA e a crescente disseminação de patógenos associados a surtos alimentares (Antônio; Carvalho, 2021).

O Sistema de Vigilância Epidemiológica de Doenças Transmitidas por Alimentos - SISVAN, registrou 1.162 surtos de doenças transmitidas por alimentos e foram registrados 31 óbitos no período de 2014 a 2023. Dentre os agentes etiológicos mais identificados em surtos de DTHA no Brasil nesse período, *E. coli* liderou o ranking estando presente em 34,8 % dos casos (Brasil, 2024).

### 3.2 *E. coli* STEC

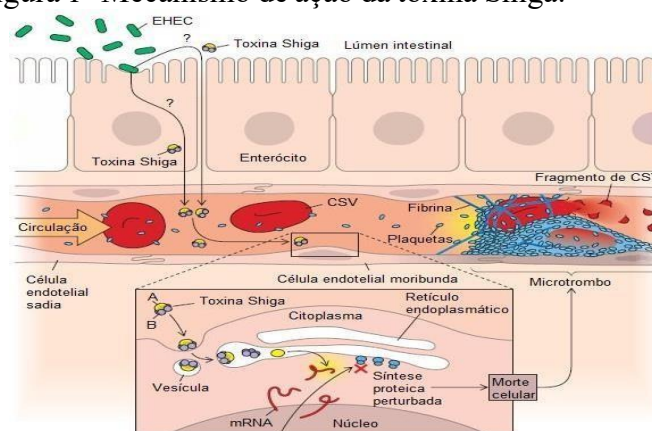
As cepas de *E. coli* STEC podem ter uma vasta patogenicidade, que modifica as proteínas responsáveis pelo surgimento de lesões (Castro *et al.*, 2019). Estas podem também ser denominadas como *E. coli* verocitotóxica (VTEC) ou *E. coli* enterohemorrágica (EHEC); todos eles se referem geralmente ao mesmo grupo de bactérias (CDC, 2024). Estas cepas são capazes de causar graves doenças em humanos, como diarreia sanguinolenta e síndrome urêmica hemolítica, principalmente em crianças e idosos. A maioria dos surtos está associada ao consumo de produtos cárneos crus ou malcozidos contaminados pelo patógeno. A contaminação pode ocorrer durante o processo de abate mediante falhas de atividades de esfola, evisceração e oclusão do reto (WHO, 2022).

*Escherichia coli* STEC é capaz de produzir mais de um tipo de toxina, sendo identificadas como: Shiga 1 e 2 (Stx1 e Stx2). Estas por sua vez causam prejuízos aos endotélios de forma direta, amplificando riscos de trombose e problemas em órgãos em geral, sobretudo nos rins, ocasionando Colite Hemorrágica (CH), que ao evoluir pode causar a Síndrome Hemolítica Urêmica (SHU) agravando para a falência renal, e a Púrpura Trombocitopênica (PTT). A toxina desestabiliza o sistema complemento expandindo a resposta inflamatória (Nieto-Rios *et al.*, 2020).

Na maioria das vezes, a toxinfecção está relacionada aos sintomas de diarreia com sangue, que pode ser resolvido sem complicações futuras. Para pacientes que desenvolvem Síndrome Hemolítica Urêmica (SHU) o prognóstico é considerado grave, devido aos danos ocasionados às funções renais. Portanto, a SHU é uma doença com mortalidade considerável e morbidade multissistêmica (Fátima; Aziz, 2023).

Ao ingerir alimentos contaminados por *E. coli* STEC ocorre a ocupação da bactéria no cólon epitélio. Após a ocupação, as toxinas Shiga são liberadas na circulação causando danos no sistema vascular da mucosa intestinal, desencadeando a colite hemorrágica (Liu *et al.*, 2022). Por via sistêmica a toxina se liga aos granulócitos e plaquetas sanguíneas atingindo os rins e outros órgãos predispostos, conforme Figura 1.

Figura 1- Mecanismo de ação da toxina Shiga.



Fonte: Forsythe (2013).

Para controle e mensuração de casos suspeitos ou surtos de DTHA com agravamento do quadro clínico e desenvolvimento da SHU, todos os quadros com sintomatologia devem ser notificados na Ficha de Investigação de Surto – DTA (Ministério da Saúde, 2021).

O grande número de bovinos existentes no Brasil representa um risco iminente à propagação de *E. coli* STEC, uma vez que as infecções causadas por essa estirpe estão principalmente ligadas ao consumo de carne bovina e leite. Conhecer as relações entre os sorogrupos de *E. coli* STEC nas diferentes regiões e fontes brasileiras (pecuária, alimentos, humanos) é importante para as futuras estratégias de monitoramento e controle relacionadas a esse patógeno (Castro *et al.*, 2019).

No Brasil, o Ministério da Saúde aponta o sorotipo *E. coli* O157:H7 como o mais prevalente quando se trata de SHU, ainda que outros sorotipos também sejam encontrados em menor escala em indivíduos acometidos pela síndrome hemolítico-urêmica, como os sorotipos não-O157 (O26, O45, O111, O121, O103 e O145). Em pouquíssimos casos, patógenos como *Shigella dysenteriae* tipo 1, *Shigella pneumoniae*, *Campylobacter jejuni*, *Aeromonas* spp. entre outros, também têm sido associados a casos de SHU (Ministério da Saúde, 2024b).

### 3.3 Fatores de virulência de *E. Coli*

Para as cepas de *E. coli* STEC, EHEC, ETEC os patotipos e patogênese estão vinculados aos humanos e presentes nas fezes de bovinos e animais selvagens. Já *E. coli* extra intestinal (ExPEC) foi observada em humanos, aves, bovinos, animais de estimação, sendo pouco observada em animais selvagens, desta forma ambas as cepas representam capacidade de expansão zoonótica (Foster-Nyarko; Pallen, 2022).

Existe a possibilidade de cepas comensais e patogênicas habitarem o mesmo organismo dentro de uma espécie, devido a mudanças ao longo do período evolutivo e caracterização de cada espécie. Para explicar a patogenicidade de cepas comensais os fatores de virulência têm sido discutidos como parte inerente a esta evolução, possuindo funções diferentes como forma de resistência e manutenção no intestino (Denamur *et al.*, 2021). A partir daí, EXPEC, por meio da seleção de cepas comensais, conseguem manter a sobrevivência externamente ao intestino humano através de acomodação de genes (Yu; Banting; Neumann, 2021).

Na infecção por *E. coli* em humanos e animais causada pela cepa produtora de toxina Shiga (Stx1 e Stx2), a síntese proteica celular é inibida destruindo o endotélio vascular culminando em disfunções na coagulação intravascular disseminada e danos renais. Em contato com a corrente sanguínea as toxinas alcançam as vias renais provocando distúrbios desencadeando a síndrome hemolítico-urêmica (SHU). A SHU é o estágio mais grave da infecção por *E. coli* devido a destruição dos glóbulos vermelhos, a alteração homeostática dos rins e trombocitopenia (Kim; Lee; Kim, 2020).

### 3.3.1 Manifestações clínicas

*E. coli* STEC apresenta como principais sinais clínicos diarreia aquosa no início do período de incubação, entre o terceiro e o quinto dia há evolução do quadro clínico para diarreia sanguinolenta, dor abdominal seguida de náuseas e vômitos. Em casos que ocorre a lesão renal e trombocitopenia os sintomas aparecem após a fase de declínio dos distúrbios gastrintestinais entre o segundo e décimo quarto dia após a fase de diarreia (Amaral *et al.*, 2021; Boyer; Niaudet, 2022).

Os distúrbios renais são diversos, apresentam-se como proteinúria, isquemia renal, oligoanúria causando hipervolemia e hipertensão. Durante a fase aguda da insuficiência renal a terapia renal substitutiva é realizada pela metade dos pacientes acometidos por distúrbios advindos de *E. coli* STEC (Oliveira, 2021). São relatados sintomas extra renais com distribuição sistêmica em diversos órgãos e patologias cardiovascular (infarto do miocárdio, insuficiência cardíaca congestiva, cardiomiopatia dilatada), hemorragia pulmonar, necrose e perfuração intestinal, pancreatite e diabetes mellitus resultante, colecistite e peritonite (Bernabeu; Escribano; Vilarino, 2020).

Na fase entre o 3º e 8º dias após a infecção por *E. coli* STEC os sinais clínicos manifestam-se de formas diversas: diarreia sanguinolenta representa um percentual de 95 %

dos casos, diarreia sanguinolenta entre 50 % a 60 % dos casos, são observados sintomas de dores abdominais, vômitos e febre, na fase aguda, são relacionados a manifestações hematológicas: Cansaço, palidez, petéquias e equimoses, disfunções renais: oligúria, anúria, hipertensão arterial e piora do sistema gastrointestinal: colite hemorrágica, necrose intestinal, perfuração e peritonite. Em 20 % dos casos podem apresentar sinais neurológicos: Irritabilidade e até convulsões e alteração grave do estado de consciência evoluindo para proteinúria quando paciente com SHU (Gülhan; Özaltın, 2021).

O diagnóstico para a identificação de infecção por *E. coli* é realizado através da tríade clássica de anemia hemolítica microangiopática, trombocitopenia e lesão renal aguda, baseada em análises laboratoriais. A partir dos sintomas de diarreia aguda, diarreia sanguinolenta e doenças sistêmicas os pacientes devem procurar auxílio médico para detectar possível infecção por *E. coli*, síndrome SHU e diferenciação da estirpe do patógeno (Cervantes; Monge; Bonilla, 2019).

### **3.4 Tratamento**

O tratamento consiste em soroterapia de suporte e quando há infecção por *E. coli* STEC o tratamento é considerado mais invasivo como a terapia anti-hipertensiva para quadros de manifestações clínicas renais seguidas de diarreias ininterruptas (Raina *et al.*, 2019). A reposição de líquidos é fundamental no tratamento e suporte para a prevenção de desidratação para pacientes portadores de *E. coli* STEC. O uso habitual de antibióticos não é recomendado devido à propensão de aumento de complicações, provocadas pela liberação exacerbada de toxinas Shiga (Kim; Lee; Kim, 2020).

Em casos de SHU, em 10 % dos pacientes pode haver danos ao sistema nervoso central, apresentando sintomas como perda da consciência, convulsões, acidente vascular encefálico. O tratamento para estes pacientes é a base de anticonvulsivantes e eculizumab, que demonstra bons resultados em crises neurológicas. Muitos estudos possibilitaram o entendimento da patogênese da SHU, contribuindo para a introdução de medicamentos capazes de inibir a via complemento (Brown *et al.*, 2021).

### **3.5 Epidemiologia**

A epidemiologia de *E. coli*, consiste em uma questão de saúde pública, dada a sua

associação com surtos de doenças transmitidas por alimentos, uma vez que ela pode causar, desde quadros gastrointestinais leves até complicações graves que podem levar à quadros de insuficiência renal, especialmente em crianças. A prevalência de *E. coli* STEC no Brasil ainda é pouco clara devido à subnotificação e à falta de diagnóstico rotineiro nos serviços de saúde. Contudo, estudos indicam que a infecção está presente no país, com casos esporádicos relatados, especialmente associados ao consumo de carne bovina malcozida, leite cru e produtos lácteos contaminados, além de água não tratada. Os principais hospedeiros de *E. coli* STEC são os bovinos, mas outros animais como ovelhas e cabras, também podem ser fontes de infecção. O contato direto com animais ou com seu ambiente também pode resultar em transmissão (Brasil, 2021).

A transmissão da *E. coli* para os humanos ocorre principalmente pelo consumo de alimentos contaminados, incluindo carnes malcozidas e laticínios não pasteurizados, bem como pela ingestão de água contaminada. A transmissão pessoa a pessoa também é possível, especialmente em ambientes de cuidados infantis, onde a higiene pode ser inadequada. Embora os surtos de *E. coli* STEC sejam relativamente raros no Brasil em comparação com outros países, eles já foram registrados, principalmente em regiões com maior atividade pecuária e industrial de alimentos. No entanto, a falta de vigilância ativa e a ausência de obrigatoriedade de notificação de casos leves contribuem para a subestimação da real incidência. Alguns estudos sugerem uma prevalência variável em diferentes regiões, refletindo diferenças nos métodos de criação de animais e processamento de alimentos (Brasil, 2024).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Amostragem

Para análise de *E. coli* STEC foram coletadas amostras de 325 a 350 gramas de retalhos bovinos e enviadas ao laboratório para posterior análise dos dados, em frequência quinzenal para atendimento da Instrução Normativa n° 60/2018, em um abatedouro frigorífico localizado no estado de Minas Gerais, Brasil. Foram analisados dados microbiológicos de *E. Coli* STEC nos anos de 2022 e 2023.

### 4.2 Método de coleta para retalhos de bovino

A coleta de retalhos de carne bovina (Figura 2), foi realizada após a maturação sanitária das carcaças de no mínimo 24 horas na câmara fria com a temperatura máxima de 6,5 °C. Os retalhos foram retirados na sala de desossa, sob temperatura controlada  $\leq 9,5$  °C, após o processo de toalete dos cortes cárneos que consiste na remoção de contaminantes físicos e químicos como, sebo, carimbos, pó de trilho, glândulas, cartilagens, ossos e pelos. Os retalhos são utilizados como matéria- prima para a produção de hambúrgueres e outros embutidos cárneos.

Figura 2- Coleta de retalhos de carne bovina.



Fonte: Própria autora (2023).

Conforme determina a Instrução Normativa n° 60 de 2018 do MAPA (Brasil, 2018) a coleta de amostra para pesquisa de *E. coli* STEC seguiu o método que consiste na coleta asséptica de 60 pequenos pedaços dos retalhos da desossa de bovinos.

Os pedaços foram coletados a partir de fatias finas retiradas da superfície da carne, com tamanho de aproximadamente 2,5 cm de largura, 8 cm de comprimento e 0,5 cm de espessura, com peso aproximado entre 5 g e 10 g e o peso da amostra final foi de no mínimo 325 g a 350 g, foram utilizadas para a coleta regua inox e balança para pesagem da amostra, devidamente esterilizada com álcool 70%, posteriormente foram acondicionadas em sacos de coleta estéril. Todo o procedimento foi realizado utilizando luvas descartáveis. (Figuras 2 a 5).

Figura 3- Identificação da amostra



Fonte: Própria autora (2023).

Figura 4- Pesagem da amostra



Fonte: Própria autora (2023).

Figura 5- Amostra congelada a ser enviada ao laboratório para análise de *E. coli* STEC



Fonte: Própria autora (2023).

Os lotes de produção foram selecionados aleatoriamente, estabelecidos pela data de abate, sendo que todos tiveram a mesma chance de serem selecionados para a amostragem. No sistema de acondicionamento direto em embalagem final como, por exemplo, sacas ou caixas, foi necessário garantir que pelo menos 5 embalagens por lote fossem amostradas. Estas incluíram a primeira e a última embalagem do lote, contemplando aleatoriamente todas as linhas de produção de traseiro, dianteiro e ponta de agulha, dentro do intervalo de cada lote, correspondente a um dia de produção.

### 4.3 Análise microbiológica

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório acreditado pelo MAPA, devidamente identificadas dentro das especificações exigidas pelo órgão fiscalizador para pesquisa de *E. coli* STEC. A metodologia utilizada para a análise seguiu os parâmetros oficiais, descritos na AOAC RI 121203 (*E. coli* STEC – sorogrupos – Determinação pela técnica de Presença/Ausência (CFX<sup>®</sup> IQ-Check), tendo como metodologia RT – PCR (*Real Time Polymerase Chain Reaction*).

O método consistiu na pesagem de  $325 \text{ g} \pm 10 \%$  (32,5 g) de amostra adicionada à  $975 \text{ mL} \pm 10 \%$  (19,5 mL) de caldo triptona soja (TSB) modificado com novobiocina, pré-aquecido, na faixa de temperatura de  $41,5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , conforme orientação do protocolo do kit. Essas alíquotas enriquecidas serão incubadas a  $41,5 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  por 10 a 22 horas.

Para o preparo dos reagentes a serem utilizados na técnica de RT-PCR, realizou-se a higienização da cabine de segurança biológica com álcool 70 % ou hipoclorito de sódio de 2 a 5 %, seguido de água e luz UV ligada durante 20 minutos. Os kits foram retirados da refrigeração somente no momento de serem usados, sendo devolvidos à geladeira imediatamente após o uso. Todos os utensílios e materiais utilizados nessa técnica foram usados exclusivamente para tal, não podendo ser armazenados ou utilizados em outro local. Os reagentes foram preparados seguindo o protocolo recomendado pelo fabricante.

Para a detecção de gene *stx1/stx2* e gene *eae*, foi adicionado 100  $\mu\text{L}$  do reagente de lise completo na placa *deepwell* – 96 poços (o reagente de lise ficou em agitação constante para se manter em suspensão). Em seguida, 100  $\mu\text{L}$  da amostra enriquecida foi transferida (evitando incluir fragmentos de alimentos e agitando o saco antes de coletar a amostra) e a placa *deepwell* foi selada com o selo pré-perfurado. A placa foi incubada a  $95 - 100 \text{ }^\circ\text{C}$  por 15 - 20 minutos a 1300 rpm no *thermomixer*<sup>®</sup>. Em seguida, foi resfriada por 10 minutos na geladeira à temperatura de  $2 \text{ a } 8 \text{ }^\circ\text{C}$  (o choque térmico ocasionado faz o DNA ficar em suspensão e o resíduo da amostra decanta para o fundo da placa). O Mix (Reagente A + Reagente F) foi preparado conforme recomendação do fabricante. 20  $\mu\text{L}$  do mix foi transferido para a placa de PCR.

Foram adicionados 5  $\mu\text{L}$  dos controles negativos e positivos e 5  $\mu\text{L}$  do sobrenadante das amostras para os poços da placa PCR (a placa *deepwell* não pode ser agitada antes de coletar as amostras e deverá ser observada a ausência de bolhas). A microplaca de PCR foi então, selada e inserida no equipamento para leitura e início do software. A reação foi programada e iniciada a amplificação. Após a extração do DNA, o lisado pode permanecer na geladeira por até 24 horas, após este período deverá ficar em ultra freezer a  $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ . A partir dos dados obtidos pelo equipamento, os formulários foram impressos e os resultados lançados no sistema de gestão laboratorial.

Para detecção do sorogrupo (O26; O111; O45; O145; O121; O103; O157: H7), foram preparados 3 mixes (B1, B2 e B3) conforme a recomendação do fabricante. 20  $\mu\text{L}$  de cada mix foram adicionados à placa PCR e em seguida, 5  $\mu\text{L}$  de amostra. A placa *deepwell* não pode ser agitada ao pipetar o DNA. Em seguida, 5  $\mu\text{L}$  do controle positivo e negativo para cada reagente utilizado (B1, B2, B3) foram adicionados. Abrir, então, o software e programar a placa. Foi

selecionado o teste SerO1 na lista de testes e os poços para análise. As amostras foram classificadas como controle negativo, controle positivo e amostras testes. Os lotes do kit (DNA, PCR) foram selecionados e o processo se repetiu para o SerO2 e SerO3. A amplificação do DNA foi então iniciada. A partir dos dados obtidos pelo equipamento, os formulários foram impressos e os resultados lançados no sistema de gestão laboratorial.

O frigorífico segregou o lote testado para *E. coli* STEC até a obtenção de resultado para constatar a segurança sanitária do produto e assim, liberá-lo para comércio, sendo o resultado determinado pela IN 60/2028 MAPA ausência. Em caso de resultado positivo para *E. coli* STEC, o estabelecimento poderá proceder a destinação do lote amostrado para tratamento térmico previsto na legislação. Uma investigação para identificar a causa da contaminação foi realizada, os programas de autocontrole foram revisados, com ênfase em boas práticas de abate, foi entregue ao Serviço de Inspeção Federal o plano de ação com medidas corretivas e preventivas, visando o controle deste patógeno por meio de registros auditáveis.

#### **4.4 Análise estatística**

Os dados coletados no experimento envolveram um delineamento inteiramente casualizado (DIC) ou planejamento completamente aleatorizado. Análise de variância (Anova) foi a técnica estatística que permitiu avaliar as afirmações sobre as médias dos dados coletados no experimento. A análise de variância (Anova) verificou se existe uma diferença significativa entre as médias e se os fatores hipotéticos exerceram influência em alguma variável pesquisada. A Anova foi complementada com o Teste de Tukey com 5 % de significância. Entretanto as frequências relativas, absolutas e a relativa em porcentagem foram as melhores ferramentas estatísticas para a avaliação dos dados coletados (Montgomery, 2012).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estudo retrospectivo verificou-se através dos dados analisados, que no ano de 2022, foram testadas 24 amostras de carne bovina, com resultado positivo para *E. coli* STEC em uma única amostra, representando um percentual de desvio de 4,17 %. Em 2023, foram analisadas 24 amostras de carne bovina para análise desta estirpe com resultado de 100 % de conformidade. De 48 amostras analisadas para identificação de *E. coli* STEC, somente uma apresentou como resultado a presença do micro-organismo, representando 2,08 % do total de amostras analisadas com o desvio nos anos de 2022 e 2023. Pelo teste de PCR foi possível identificar de forma presuntiva *E. coli* STEC (O157:H7, 026, 045, 0103, 0111, 0121, 0145), não sendo realizada pela empresa, uma análise adicional de sequenciamento genético para estratificação da cepa presente.

A legislação de parâmetro Instrução Normativa nº 60 de 2018 do MAPA, determina ausência para o micro-organismo analisado, e através dos resultados obtidos verifica-se que a indústria amostrada obteve resultado não satisfatório em seus processos industriais, culminando na contaminação microbiológica dos produtos por ela produzidos (Brasil, 2018).

Com base nos resultados observados, medidas de controle no processo foram adotadas visando a mitigação de *E. coli* no ambiente de produção. Sabe-se que este micro-organismo habita o trato gastrointestinal dos bovinos de forma comensal, por isso, a tomada de tratativas no processo produtivo é de primordial importância para a promoção da saúde pública (Sy; Tree, 2021). Os cuidados adotados exigem o controle desde o início do processo no banho dos animais seguindo a remoção completa de sujidades aderidas à pele, e todo processo de esfolagem deve ser monitorado e realizado seguindo as normas de PSO – Procedimentos Sanitários Operacionais, a fim de reduzir a carga microbiológica que possa ainda estar presente na pele do animal e nos utensílios de trabalho (Papaet; Toledo, 2023).

Estudos como os apresentados por alguns autores (Araújo Júnior *et al.*, 2020; Antônio; Carvalho, 2021) têm demonstrado o crescimento de toxinfecções alimentares causadas por *E. coli* STEC que são adquiridas via ingestão de alimentos contaminados, sendo relatado os fatores de virulência como o precursor da gravidade da doença. O fator de virulência do micro-organismo é intrínseco às características mais graves da doença, desenvolvendo quadros clínicos mais severos em pacientes portadores da infecção (Fatima;Aziz; 2023).

A prevenção da doença causada por *E. coli* STEC deve ser baseada no cumprimento das boas práticas de fabricação dentro das indústrias de carne e derivados, como forma de redução de infecções alimentares e o desenvolvimento de quadros de saúde agravados por este micro-

organismo (Brasil, 2022).

Ao realizar a verificação do cumprimento às legislações vigentes para resultados microbiológicos e programas de autocontrole, pode-se observar que, em 2022, a detecção de uma amostra positiva para *E. coli* STEC, representou uma violação às exigências da Instrução Normativa nº 60, que determina a ausência de *E. coli* O157 em 25 gramas de amostra de carne bovina (Brasil, 2018).

A empresa em questão, adotou medidas corretivas, uma vez que em 2023 não houve detecção de *E. coli* STEC, resultando em 100 % de conformidade, resultado das ações da empresa para mitigar a presença de *E. coli* em seu produto final, reforçando ações sanitárias e estabelecido planos de ação e de melhorias nos processos de controle microbiológico, o que foi crucial para prevenir novas ocorrências do micro-organismo nos retalhos de carne. O plano de ação desenvolvido pela empresa segue abaixo:

Figura 6 - Plano de Ação –Detecção de *E. Coli* STEC

PLANO DE AÇÃO REFERENTE AO DESVIO MICROBIOLÓGICO DE <i>E. COLI</i> STEC EM RCORTES DE BOVINO				
Desvio encontrado mediante ao autocontrole da empresa	Medida corretiva proposta ou realizada	Data proposta ou de realização	Medida preventiva proposta ou realizada	Data proposta ou de realização
1. Detecção de <i>E. coli</i> STEC em recortes de bovino data de produção: 22/07/2022.	1.1 c) Realizar a destinação do lote com rastreabilidade 22/07/2022 para termoprocessamento.	1.1 c) 29/07/2022	1.3 p) Realizar a revisão dos planos de autocontrole APPCC, PSO e BPF estabelecendo os limites críticos de desvios conforme preconizado em legislações, matriz de causa raiz e ações preventivas.	1.3 p) 29/07/2022
	1.2 c) Realizar treinamento de reciclagem com os colaboradores da linha de retirada da pele e evisceração sobre contaminações de origem gastrintestinais e ações corretivas.	1.2 c) 29/07/2022		

Fonte: Própria autora (2023).

Na Tabela 1 estão representados os valores da Frequências absoluta (FA), que se refere à quantidade de vezes que o mesmo resultado apareceu no período avaliado, e a Frequência relativa (FR), que demonstra por meio de um percentual a quantidade de vezes que o resultado apareceu em relação ao total avaliado.

Tabela 1 - Frequências absoluta (FA), relativa (FR) e relativa em porcentagem (FR %) da pesquisa (presente e ausente) de *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga (STEC) em recortes de carne bovina nos anos de 2022 e 2023.

Ano	<i>n</i>	Resultado	FA	FR	FR (%)
2022	24	Ausente	23	0,96	96
		Presente	1	0,04	4
2023	24	Ausente	24	1,00	100
		Presente	0	0,00	0
<b>Total</b>	48				

Fonte: Própria autora (2023).

A Tabela 01 apontou que em 2022, de 24 amostras analisadas, 23 testaram negativo para *E. coli* STEC (96 %) e 1 amostra testou positivo (4 %), sendo confirmada por PCR; ao passo que, em 2023, todas as 24 amostras analisadas apresentaram ausência deste micro-organismo, com 100 % de conformidade. O desvio detectado em 2022 sugere falhas pontuais no controle microbiológico do processo produtivo e, para prevenir futuros desvios, é essencial a adoção de controles rigorosos no ambiente de produção, incluindo Procedimentos Sanitários Operacionais (PSO) e o controle de higiene, especialmente na manipulação da carne e nos processos de abate, conforme determina a Resolução RDC nº 331/2019 da ANVISA. Esta legislação estabelece os padrões microbiológicos para alimentos, no qual, produtos de origem animal como carnes bovinas, devem estar isentos de *E. coli* O157, sendo obrigatória a ausência do patógeno em 25 gramas de amostra, de modo que a detecção de *E. coli* STEC em qualquer quantidade representa não conformidade (Brasil, 2019).

Os resultados sugerem um cenário relativamente favorável para o controle de *E. coli* STEC em carne bovina. Contudo, uma análise mais abrangente com um número maior de cepas e anos adicionais de estudo se mostra necessária para confirmar essa tendência e assegurar que as práticas de segurança alimentar estão efetivamente controlando a disseminação de

cepas patogênicas.

Principalmente, pelo fato de que no Brasil, não existe um regulamento específico que determine a pesquisa de sorotipos na carne, sendo exigido somente, para *E. coli* genérica, como indicador de contaminação de origem fecal (Brasil, 2022).

A detecção de STEC em 2022 sugere que as BPF e os PPHO não foram suficientemente eficazes em mitigar os riscos de contaminação. Programas como o APPCC, que prevê a identificação e o controle de Pontos Críticos de Controle (PCCs), devem ser rigorosamente aplicados. Por exemplo, os pontos críticos de controle estabelecidos na recepção dos animais visam garantir que os animais cheguem ao abatedouro em condições sanitárias adequadas. A higienização correta de carcaças e o controle da temperatura são igualmente cruciais para evitar a proliferação de micro-organismos (Fernández *et al.*, 2019).

A contaminação por *E. coli* STEC em carcaças bovinas ocorre, em grande parte, devido a falhas operacionais nas etapas iniciais do abate, como na esfolagem e na evisceração, entretanto, a contaminação também pode ser resultante do contato com equipamentos, instalações ou manipuladores, em muitos casos, portadores assintomáticos. Além disso, essa microbiota costuma ser encontrada em uma diversidade de ambientes e objetos como luvas de malha de aço, ganchos, facas, mãos dos manipuladores e serra fita. A contaminação da superfície da faca, por exemplo, pode ocorrer durante a incisão da pele na fase de esfolagem, o que pode levar à contaminação da carcaça (Papaet; Toledo, 2023).

Adicionalmente, os resultados que apresentaram ausência de cepas em 2023, pode gerar uma percepção positiva, determinando a redução no risco de contaminação por *E. coli* STEC. No entanto, é importante continuar o monitoramento constante e implementar testes contínuos para garantir a segurança alimentar em longo prazo. Assim, o monitoramento do PSO, a aplicação de ferramentas de qualidade e ações higiênicas corretivas são cruciais para reduzir a contaminação das carcaças pelo conteúdo intestinal e evitar a contaminação cruzada em carnes bovina (Mendes; Campos, 2021).

No Brasil em cumprimento da Instrução Normativa nº 60 faz-se necessário a realização de pesquisa para *E. coli* STEC, contudo a vigilância deste micro-organismo é limitada, sendo necessário ampliar a capacidade diagnóstica e implementar estratégias de vigilância mais rigorosas, especialmente em regiões com maior risco de contaminação por alimentos. O controle de qualidade da produção de alimentos e a educação sobre boas práticas de higiene alimentar também são fundamentais para prevenir surtos (Brasil, 2018).

Este trabalho possui grande relevância e contribui para a saúde pública por meio do

levantamento e expressão de dados atualizados sobre a infecção por *E. coli* STEC e respectivas consequências no organismo humano, tratando as causas, tratamentos e prevenções para minimização da contaminação por este micro-organismo. Em comparativo com dados do Ministério da Saúde, o presente trabalho reflete a falta de medidas preventivas, conscientização de colaboradores de produção de alimentos sobre o cumprimento de normas de boas práticas de fabricação para a prevenção de surtos alimentares (Brasil, 2024a).

Do ponto de vista sanitário e através de registros de monitoramentos diários do processo produtivo, após verificação de erros operacionais, a falha pode ter ocorrido na esfolagem, na limpeza insuficiente dos animais antes do abate ou na manipulação inadequada dos equipamentos e ferramentas, entre outras etapas do processamento da carne, o que facilitou a presença de patógenos nas carcaças (Papaet; Toledo, 2023).

Em contrapartida, em 2023, medidas corretivas foram adotadas e houve um esforço bem-sucedido de controle microbiológico após a realização de treinamentos mais efetivos voltados para o cumprimento de normas de boas práticas de fabricação, uma vez que todas as amostras estavam em conformidade, ou seja, as amostras resultaram na ausência de *E. coli* STEC nas 24 amostras testadas, sugerindo que houve um aprimoramento nos procedimentos de higiene, nos processos de abate. Ademais, as boas práticas como a limpeza rigorosa dos bovinos antes do abate, o controle sanitário dos utensílios, e a adesão aos protocolos de controle de qualidade podem ter contribuído para a conformidade total (Fernández *et al.*, 2019).

Do ponto de vista epidemiológico, essa conformidade de 100 % em 2023 é um indicativo positivo de que o risco epidemiológico de contaminação foi mitigado, o que não significa que o risco tenha sido eliminado definitivamente, apenas que o controle foi eficaz naquele período. Os dados revelam risco de surtos de infecções por *E. coli* STEC na população, especialmente considerando que as carnes são um dos principais veículos de transmissão deste patógeno. E, ainda, uma única amostra positiva (4 % do total avaliado) pode representar um potencial risco à saúde pública, caso o produto contaminado fosse consumido sem o adequado cozimento (WHO, 2022). Portanto, a presença de *E. coli* STEC, especialmente cepas como O157, que possuem um fator de virulência elevado, pode causar intoxicações alimentares graves, com sintomas como diarreia, cólicas abdominais, e, em casos mais severos, até a SHU (Kim; Lee; Kim, 2020).

Quanto à análise do emprego dos Programas de Autocontrole (PAC), as falhas operacionais evidenciadas através dos registros de monitoramentos nas áreas de esfolagem e evisceração podem comprometer a qualidade do produto final, tendo como principal fator crítico a contaminação das carcaças por *E. coli* STEC. A avaliação dos programas de autocontrole foi de grande relevância para a identificação de causa raiz e elaboração do plano de ação. Por esse motivo, ressalta-se a

importância em manter e cumprir os procedimentos estabelecidos para a produção de alimentos por meio da implementação efetiva das boas práticas de fabricação estabelecidas nos planos de autocontrole das indústrias e legislações vigentes bem como a tomada imediata de ações corretivas, no intuito de se obter ações de fiscalização mais eficientes e a produção de alimentos seguros.

## 6 CONCLUSÃO

A pesquisa de *E. coli* STEC na indústria de carnes traz informações relevantes à comunidade acadêmica, profissionais da área e população devido à relevância do tema para a saúde pública, por se tratar de um patógeno capaz de desencadear síndromes e mortalidade mesmo em indivíduos saudáveis. A baixa ocorrência de amostra positiva para *E. coli* STEC identificada ao longo deste estudo sugere um indicativo positivo para o setor de carne bovina em termos de segurança microbiológica. Considerando que o número de amostras testadas anualmente seja relativamente baixo, a identificação de apenas uma cepa positiva já eleva o percentual de risco. Por outro lado, a ausência de cepas em 2023, sugere que houve melhorias nas práticas de higiene e controle microbiano dos processos de produção no estabelecimento em questão e cumprimento dos programas de autocontrole.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, S. M. B.; ALMEIDA, A. P. F.; SILVA, F. S.; SILVA, Y. Y. V.; DAMACENO, M. N. Panorama dos surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil no período de 2009 a 2019. **Revista Científica Multidisciplinar**, São Paulo, v. 2, n. 11, p. ze211935, 2021. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i11.935>. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/935>. Acesso em: 10 set. 2024.
- ANTÔNIO, L. dos S.; CARVALHO G. D. Notificações de surtos de doenças veiculadas por alimentos no Estado de São Paulo, no período de 2011 a 2018. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, Fortaleza (CE), v. 15, n. 2, p. 1-17, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20210016>. Disponível em: <http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/628>. Acesso em: 10 set. 2024.
- ARAÚJO JÚNIOR, G. M.; PEDROSA, K. Y. F.; SILVA, H. T.; BEZERRA, D. C.; COIMBRA, C. S.; IMPROTA, C. T. R.; BEZERRA, N. P. C. Condições de comercialização da carne bovina em mercados municipais e percepção de atores sociais sobre a qualidade. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 3, p. 15369–15386, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-421>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/8123>. Acesso em: 10 set. 2024.
- BERNABEU, A. I. A.; ESCRIBANO, T. C.; VILARINO, M. C. Atypical Hemolytic Uremic Syndrome: New Challenges in the Complement Blockage Era. **Nephron**, USA, p. 537-549, 2020. DOI: <https://10.1159/000508920>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32950988/>. Acesso em: 10 set. 2024.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 60 de 20 de dezembro de 2018. Fica estabelecido o controle microbiológico em carcaça de suínos e em carcaça e carne de bovinos em abatedouros frigoríficos, registrados no Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), com objetivo de avaliar a higiene do processo e reduzir a prevalência de agentes patogênicos, na forma desta Instrução Normativa e dos seus Anexos. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, p. 4, 24 dez. 2018. Disponível em: [https://wikisda.agricultura.gov.br/dipoa\\_baselegal/in\\_60-2018\\_ecoli\\_e\\_salmonella\\_pncp\\_su%C3%ADnos\\_bovinos.pdf](https://wikisda.agricultura.gov.br/dipoa_baselegal/in_60-2018_ecoli_e_salmonella_pncp_su%C3%ADnos_bovinos.pdf). Acesso em: 10 set. 2024.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, ano 134, n. 248, p. 27834-27841, 23 dez. 1996. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9394&ano=1996&ato=3f5o3Y61UMJpWT25a>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, n. 249, p. 96, 1 jul. 2022. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2019/rdc0331\\_23\\_12\\_2019.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2019/rdc0331_23_12_2019.pdf). Acesso em: 21 set. 2024.

BRASIL. Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal - RIISPOA. Decreto n. 10.468 de 18 de agosto de 2020. Brasília, 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, n. 159, p. 5, 18 ago. 2020. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/d10468.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10468.htm). Acesso em: 10 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Portaria SDA nº 744 de 25 de janeiro de 2023. Aprova a nomenclatura de produtos de origem animal, não formulados, em natureza e comestíveis, para as espécies de açougue. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, n. 21, p. 1, 25 jan. 2023. Disponível em: <https://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2023/01/PORTARIA-SDA-N%C2%BA-744-DE-25-DE-JANEIRO-DE-2023-PORTARIA-SDA-N%C2%BA-744-DE-25-DE-JANEIRO-DE-2023-DOU-Imprensa-Nacional-5.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Imunizações e Doenças Transmissíveis. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Imunização e Doenças Transmissíveis. **Vigilância epidemiológica das doenças de transmissão hídrica e alimentar**: manual de treinamento. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/doencas-transmitidas-por-alimentos-dta/manual\\_dtha\\_2021\\_web.pdf/view](https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/doencas-transmitidas-por-alimentos-dta/manual_dtha_2021_web.pdf/view). Acesso em: 28 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Surtos de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar no Brasil – Informe 2024**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha/publicacoes/surtos-de-doencas-de-transmissao-hidrica-e-alimentar-no-brasil-informe-2024/view>. Acesso em: 04 dez. 2024.

BROWN, C. C. Severe Acute Neurologic Involvement in Children With Hemolytic-Uremic Syndrome. **Pediatrics**, Washington, v. 147, n.3:e2020013631, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1542/PEDS.2020-013631>. Disponível em: <https://publications.aap.org/pediatrics/article-abstract/147/3/e2020013631/33200/Severe-Acute-Neurologic-Involvement-in-Children?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 10 set. 2024.

BOYER, O.; NIAUDET, P. Overview of hemolytic uremic syndrome in children. **Pediatric Clinics of North America**, Washington ,v. 69, n. 6, p. 1181-1197, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2022.07.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031395522000931?via%3Dihub>. Acesso em: 10 set. 2024.

CASTRO, V.S; FIGUEIREDO E. E. S; STANFORD K; McALLISTER T; JUNIOR C. A. C. Shiga-Toxin producing *Escherichia coli* in Brazil: a systematic review. **Microorganisms**, [S.l.], v.16, n. 7, p. 137, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/microorganisms7050137>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/7/5/137>. Acesso em: 10 set. 2024.

CDC - CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **About *Escherichia coli* infection**, Atlanta, GA, 2024. Disponível em: <https://www.cdc.gov/ecoli/about/index.html>. Acesso em: 02 dez. 2024.

CERVANTES, I. E. S.; MONGE, M. P. D.; BONILLA, D.V. Síndrome urémico hemolítico en pediatría. **Revista Médica Sinergia**, Costa Rica, v. 4, n. 4, p. 55-66, 2019. DOI: <https://doi.org/10.31434/rms.v4i4.208>. Disponível em: <https://revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/208>. Acesso em: 10 set. 2024.

DENAMUR, E; CLERMONT O; BONACORSI S; GORDON D. The population genetics of pathogenic *Escherichia coli*. **Nature Reviews Microbiology**, Washington, v. 19, p. 37–54, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0416-x>. Disponível em: <https://www.nature.com/nrmicro/>. Acesso em: 10 set. 2024.

EFSA. European Food Safety. The European Union One Health 2019 Zoonoses Report. **EFSA Journal**, Parma, Italy, v. 17, n. 12, p. 5926, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6406>. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6406>. Acesso em: 10 set. 2024.

FATIMA R.; AZIZ, M. Enterohemorrhagic *Escherichia coli*. National Library of Medicine – National Center for Biotechnology Information. In: **StatPearls. Treasure Island (FL)**: StatPearls Publishing. Bethesda: StatPearls Publishing LLC, 2023. *E-book*. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519509/> Acesso em: 09 dez. 2023.

FERNÁNDEZ. I. G; CUEVAS S. M; OLLER I; MALATO S; IBANEZ P. F; LOPEZ M. I. P. Inactivation of *E. coli* and *E. faecalis* by solar photo-Fenton with EDDS complex at neutral pH in municipal wastewater effluents, **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdã, v. 372, p. 85-93, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.07.037>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389418305673?via%3Dihub>. Acesso em: 15 jan. 2025.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da Segurança dos Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Artmed, 2013. 620 p.

FOSTER-NYARKO, E.; PALLAN, M. J. The microbial ecology of *Escherichia coli* in the vertebrate gut. **FEMS Microbiology**, Oxford, v. 46, n. 3, 2022. DOI: <http://www.doi.org/10.1093/femsre/fuac008>. Disponível em: <https://academic.oup.com/femsre/article/46/3/fuac008/6522174>. Acesso em: 09 dez. 2023.

GUEDES, C.; CENTURION, M. Brasil bate recorde nas exportações de carne bovina em 2024. **ABIEC**, 2025. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/brasil-bate-recorde-nas-exportacoes-de-carne-bovina-em-2024/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

GÜLHAN, B.; ÖZALTIN, F. Hemolytic Uremic Syndrome in Children. **Turkish Archives of Pediatrics**, Istanbul, v. 56, n. 5, p. 415-422, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5152/TurkArchPediatr.2021.21128>. Disponível em: <https://turkarchpediatr.org/en/hemolytic-uremic-syndrome-in-children-131285>. Acesso em: 15 jan. 2025.

KOUTSOUMANIS, K. *et al.* Pathogenicity assessment of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and the public health risk posed by contamination of food with STEC. **EFSA Journal**, Parma, Itália, v. 18, n. 1, p. 5967, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5967>. Disponível em: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2020.5967>. Acesso em: 15 jan. 2025.

KIM, J. S.; LEE, M.; KIM, J. H. Recent updates on outbreaks of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* and its potential reservoirs. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, Switzerland, v. 10, n. 273, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00273>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/cellular-and-infection-microbiology/articles/10.3389/fcimb.2020.00273/full>. Acesso em: 15 jan. 2025.

LIU, Y; THAKER H; WANG C; XU Z; DONG M. Diagnosis and Treatment for Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* Associated Hemolytic Uremic Syndrome. **Toxins (Basel)**, Switzerland, v. 15, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins15010010>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/about>. Acesso em: 15 jan. 2025.

MENDES, S.L.; CAMPOS, G. Avaliação dos riscos de contaminação da carne bovina em açougues. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, MG, v. 19, n. 1, p. 14-31, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v19i1.6319>. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/about/contact>. Acesso em: 04 dez. 2024.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 7. ed. New York: John Wiley & Sons, 2012.

NIETO-RIOS, J. F; QUINTERO M. Z; MATURANA J. C. V; MARQUEZ D. C. B; ALZATE A. A; VALENCIA G. A. Z; HIGUITA L M. S; ARIAS L. F. Síndrome hemolítico-urêmica causada por *Escherichia coli* produtora da toxina Shiga em paciente transplantado renal. **Revista Brasileira de Nefrologia**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 591–596, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-8239JBN-2020-0048>. Disponível em: <https://www.bj nephrology.org/en/contact/>. Acesso em: 04 dez. 2024.

OLIVEIRA, F. S. Epidemiological analysis of the bacterial profile involved in Foodborne Diseases (DTA) in the Northeast region of Brazil for the year 2019. **Research, Society and Development**, Massachusetts, v. 10, n. 11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19855>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19855>. Acesso em: 04 dez. 2024.

OLIVEIRA, J. A.; FERREIRA, L. C. F. Subnotificação de Doenças Transmitidas por Alimentos em Januária-MG. **Uniciências**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 77–79, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2021v25n2p77-79>. Disponível em: <https://uniciencias.pgsscogna.com.br/uniciencias/article/view/9379>. Acesso em: 04 dez. 2024.

PAPAET, A. R.; TOLEDO, R. S. Frequência de não conformidades no Procedimento Padrão de Higiene Operacional (PPHO) e Procedimento Sanitário Operacional (PSO) na sala de abate de um frigorífico de ruminantes. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.9, n.7, p. 21675-21689, jul., 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n7-035>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/61330>. Acesso em: 04 dez. 2024.

RAINA, R; KRISHNAPPA V; BLAHA T; KANN T; HEIN W; BURKE L; BAGGA A. Atypical Hemolytic-Uremic Syndrome: An Update on Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. **Therapeutic Apheresis and Dialysis**, Alemanha, v. 23, n. 1, p. 4-21, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1744-9987.12763>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30294946/>. Acesso em: 04 dez. 2024.

SILVA, I.A; JESUS G. S; RIBEIRO L. S. S; SANTOS H. P. Study of *Escherichia coli*, EPEC, ETEC AND STEC, in water offered in schools in a municipality with low human development index in Maranhão State, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 19, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.3002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/FQPQYTNkTfJWBzpkp537bDN/>. Acesso em: 04 dez. 2024.

SOARES, V. M, PADILHA M. B; GUERRA M. E. M; SCHNEIDER F. A; GASPARETTO R; SANTOS, E. A. R; TADIELO, L. E; BRUM, M. C. S; TRAESEL C. K; PEREIRA J. G. Identification of *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, and indicator microorganisms in commercialized raw meats and fresh sausages from Uruguaiiana, Rio Grande do Sul, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 51, n. 6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200569>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/H7YrN7Kx6Ch6s3vB3CVBwmr/?lang=en>. Acesso em: 04 dez. 2024.

SHEIKH, A.; FLECKENSTEIN, J.M. Interactions of pathogenic *Escherichia coli* with CEACAMs. **Frontiers in Immunology**, Switzerland, v. 14, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1120331>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/immunology/articles/10.3389/fimmu.2023.1120331/full>. Acesso em: 04 dez. 2024.

SY, B. M.; TREE, J. J. Small RNA Regulation of Virulence in Pathogenic *Escherichia coli*. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, Washington, DC, v. 27, n. 10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.622202>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33585289/>. Acesso em: 04 dez. 2024.

WHO. World Health Organization. Control measures for Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) associated with meat and dairy products – Meeting report. **Microbiological Risk Assessment Series**, Switzerland, n. 39, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240058576>. Acesso em: 08 jun. 2023.

YU, D.; BANTING, G.; NEUMANN, N. F. A review of the taxonomy, genetics, and biology of the genus *Escherichia* and the type species *Escherichia coli*. **Canadian Journal of Microbiology**, Canadá, v. 7, n. 8, p.553-571, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjm-2020-0508>. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/cjm-2020-0508>. Acesso em: 04 dez. 2024.

ZOTTA, C. M.; LAVAYÉN, S; DEZA N; CEPEDA M; ZOLEZZI G, MORVAY L; CHINEN I; RIVAS M. Infecciones por *Escherichia coli* productora de toxina Shiga O121:H19 en pacientes atendidos en Mar del Plata. **Acta bioquímica clínica latinoamericana**, [S.l.], v. 53, n. 2, p. 193-201, jun. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.org.ar/pdf/abcl/v53n2/v53n2a06.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2023.