

AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE *Escherichia coli* ENTEROHEMORRÁGICA (EHEC) COMO INDICADOR DE RISCO EM ESTABELECIMENTOS FRIGORÍFICOS BOVINOS¹

Assessment of the presence of enterohemorrhagic *Escherichia coli* (EHEC) as a risk indicator in beef processing establishment

Bianca Correia dos Santos²

Maysa Kárem de Moraes³

Maria Clara Vasconcelos Palmeira⁴

RESUMO

A microbiologia da carne bovina representa um importante desafio para a segurança alimentar e para a saúde pública, devido à presença de microrganismos patogênicos associados a doenças transmitidas por alimentos. Dentre esses microrganismos, destaca-se a *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC), pertencente ao grupo das *Escherichia coli* produtoras da toxina Shiga (STEC), reconhecida por causar enfermidades graves em humanos, como colite hemorrágica e síndrome hemolítico-urêmica. Os bovinos atuam como reservatórios naturais dessas bactérias, tornando os frigoríficos pontos críticos para a ocorrência de contaminação durante as etapas de abate e processamento. Este estudo teve como objetivo revisar os principais aspectos relacionados à ocorrência de EHEC em frigoríficos bovinos e seus impactos na segurança microbiológica da carne. Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa, desenvolvida por meio de revisão bibliográfica, com base em literatura científica, documentos técnicos e publicações relacionadas à microbiologia de alimentos e à inspeção de produtos de origem animal. Os resultados evidenciam fatores associados à contaminação no ambiente frigorífico e destacam a necessidade da adoção de medidas higiênico-sanitárias e de programas preventivos, como a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), promovendo a garantia da segurança alimentar na cadeia produtiva da carne bovina.

Palavras-chave: segurança alimentar; *Escherichia coli*; carne bovina; frigoríficos; APPCC.

¹ Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Inhumas FacMais, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Medicina Veterinária, no primeiro semestre de 2026

² Acadêmico(a) do 10º Período do curso de Medicina Veterinária pela Faculdade de Inhumas. E-mail: biancasantos@aluno.facmais.edu.br

³ Acadêmico(a) do 10º Período do curso de Medicina Veterinária pela Faculdade de Inhumas. E-mail: maysa@aluno.facmais.edu.br

⁴ Professor(a)-Orientador(a). Maria Clara Vasconcelos Palmeira, Especializada em Defesa sanitária animal, Inspeção veterinária, Saúde pública aplicada à medicina veterinária e Produção de ruminantes. Docente da Faculdade de Inhumas. E-mail: maria.palmeira@facmais.edu.br

ABSTRACT

The microbiology of beef poses a significant challenge to food safety and public health due to the presence of pathogenic microorganisms associated with foodborne illnesses. Among these microorganisms, enterohemorrhagic *Escherichia coli* (EHEC) stands out; it belongs to the group of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC), known to cause serious illnesses in humans, such as hemorrhagic colitis and hemolytic-uremic syndrome. Cattle act as natural reservoirs for these bacteria, making slaughterhouses critical points for contamination during the slaughter and processing stages. The objective of this study was to review the main aspects related to the occurrence of EHEC in cattle slaughterhouses and its impacts on the microbiological safety of meat. This is a qualitative study conducted through a literature review, based on scientific literature, technical documents, and publications related to food microbiology and the inspection of animal-derived products. The results highlight factors associated with contamination in the slaughterhouse environment and emphasize the need to adopt hygiene and sanitation measures and preventive programs, such as Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP), to ensure food safety throughout the beef production chain.

Keywords: food safety; *Escherichia coli*; beef; meat-packing plants;;

1 INTRODUÇÃO

A segurança dos alimentos constitui um dos principais desafios da cadeia produtiva de carnes, especialmente no que se refere à contaminação microbiológica durante as etapas de abate e processamento (Franco; Landgraf, 2018). A presença de microrganismos patogênicos em alimentos de origem animal representa um risco significativo à saúde pública, podendo ocasionar surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTAs) em diferentes regiões do mundo (FAO; WHO, 2018). Nesse contexto, os frigoríficos bovinos desempenham papel fundamental na prevenção da contaminação microbiológica, sendo responsáveis pela aplicação de rigorosos controles higiênico-sanitários durante o processamento da carne (Silva Junior, 2018).

Entre os microrganismos de maior relevância na indústria da carne destaca-se a *Escherichia coli*, bactéria amplamente utilizada como indicador de contaminação fecal e de falhas nos procedimentos de higiene durante o processamento de alimentos (Franco; Landgraf, 2018). Algumas cepas dessa bactéria apresentam elevado potencial patogênico, sendo capazes de causar enfermidades graves em humanos (Karmali, 2006). Dentre essas cepas, destaca-se a *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC), pertencente ao grupo das *Escherichia coli* produtoras de toxina Shiga (STEC), caracterizadas pela produção de potentes citotoxinas responsáveis por danos severos ao epitélio intestinal (Karmali, 2006; Callaway *et al.*, 2007).

As cepas EHEC são responsáveis por quadros clínicos que variam desde diarreia leve até condições mais graves, como colite hemorrágica e síndrome hemolítico-urêmica (SHU), considerada uma das principais causas de insuficiência renal aguda em crianças (FAO; WHO, 2018). A síndrome hemolítico-urêmica

caracteriza-se pela tríade clínica formada por anemia hemolítica, trombocitopenia e insuficiência renal aguda, podendo levar a complicações severas e até ao óbito em casos mais graves (Karmali, 2006). Além disso, essas bactérias apresentam elevada infectividade, sendo que pequenas quantidades do microrganismo já são suficientes para provocar infecção em humanos (Silva Junior, 2018).

Os bovinos são reconhecidos como importantes reservatórios naturais de cepas STEC, abrigando essas bactérias no trato gastrointestinal sem apresentar sinais clínicos da infecção (Callaway *et al.*, 2007). Durante o processo de abate, a contaminação das carcaças pode ocorrer principalmente pelo contato com fezes, pele do animal ou superfícies contaminadas presentes no ambiente de processamento (Franco; Landgraf, 2018). Dessa forma, etapas como a esfolagem, evisceração e a manipulação das carcaças são consideradas pontos críticos para a ocorrência de contaminação microbiológica (Silva Junior, 2018).

A carne bovina constitui uma das principais fontes de proteína animal consumidas pela população mundial, apresentando elevado valor nutricional devido à presença de proteínas de alto valor biológico, vitaminas do complexo B e minerais essenciais (Franco; Landgraf, 2018). Entretanto, suas características físico-químicas, como elevada atividade de água, pH próximo da neutralidade e composição rica em nutrientes, favorecem o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos (Jay, 2005). Dessa forma, a adoção de práticas adequadas de higiene e controle sanitário torna-se essencial para garantir a inocuidade desse alimento (Silva Junior, 2018).

No Brasil, a produção de carne bovina representa uma das atividades mais relevantes do agronegócio, sendo o país um dos maiores produtores e exportadores mundiais desse produto (Brasil, 2022). A expansão do comércio internacional de carne exige padrões sanitários cada vez mais rigorosos, especialmente no que se refere ao controle de microrganismos patogênicos capazes de comprometer a segurança dos alimentos e gerar barreiras sanitárias comerciais (Palma, 2020). Nesse contexto, a ocorrência de *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga em carcaças bovinas representa um desafio significativo para a indústria frigorífica (Medeiros, 2013).

Surtos associados à EHEC têm sido relatados em diversos países, frequentemente relacionados ao consumo de carne bovina contaminada ou produtos derivados processados inadequadamente (Karmali, 2006). Esses eventos reforçam a importância do monitoramento microbiológico em estabelecimentos de abate, bem como da adoção de sistemas preventivos de controle sanitário ao longo da cadeia produtiva da carne (FAO; WHO, 2018).

Entre as estratégias utilizadas para o controle de perigos microbiológicos na indústria de alimentos destaca-se a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), considerada uma das principais ferramentas de gestão da segurança dos alimentos (Medeiros, 2013). Esse sistema baseia-se na identificação, avaliação e controle de perigos que podem comprometer a inocuidade do alimento, permitindo a adoção de medidas preventivas antes que o produto final seja contaminado (FAO; WHO, 2018). A aplicação adequada do APPCC em frigoríficos bovinos contribui para a redução da contaminação por patógenos e para a garantia da qualidade higiênico-sanitária da carne (Silva Junior, 2018).

Apesar da importância da EHEC como agente causador de doenças transmitidas por alimentos, grande parte dos estudos realizados em frigoríficos brasileiros ainda se concentra na detecção de *Escherichia coli* genérica, utilizada principalmente como indicador de higiene de processo (Silva Junior, 2018). Dessa

forma, pesquisas voltadas especificamente para a detecção e avaliação da presença de EHEC em estabelecimentos de processamento de carne bovina tornam-se fundamentais para ampliar o conhecimento sobre os riscos microbiológicos associados a esse patógeno (Palma, 2020).

Nesse contexto, o estudo da presença de *Escherichia coli* enterohemorrágica em frigoríficos bovinos torna-se relevante para a avaliação dos perigos microbiológicos associados à carne e para o fortalecimento das estratégias de controle sanitário adotadas pela indústria (Franco; Landgraf, 2018). Além disso, a geração de dados científicos sobre esse microrganismo contribui para o aprimoramento das práticas de inspeção sanitária, auxiliando na formulação de políticas públicas voltadas à segurança alimentar e à proteção da saúde do consumidor (FAO; WHO, 2018).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a presença de *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) como indicador de risco em estabelecimentos frigoríficos bovinos, destacando sua relevância para a segurança microbiológica da carne, os principais pontos críticos de contaminação durante o processo de abate e a importância das medidas preventivas adotadas na indústria frigorífica.

2 DESENVOLVIMENTO

Escherichia coli enterohemorrágica (EHEC) constitui um dos principais patógenos de interesse em saúde pública devido ao seu elevado potencial de causar doenças graves em humanos associado ao consumo de alimentos contaminados. Inserida no grupo das *Escherichia coli* produtoras de toxina Shiga (STEC), a EHEC se destaca pela capacidade de produzir citotoxinas altamente lesivas ao epitélio intestinal, o que se torna responsável por quadros clínicos que variam desde diarreia aquosa até manifestações graves, como colite hemorrágica e síndrome hemolítico-urêmica (SHU).

Sua importância sanitária não está relacionada apenas à gravidade da infecção, mas também à baixa dose infecciosa, o que significa que pequenas quantidades de microrganismo já são suficientes para desencadear a doença. Além disso, sua ampla distribuição no trato gastrointestinal de bovinos, principalmente reservatórios naturais, favorecendo sua propagação ao longo da cadeia produtiva da carne, especialmente quando há falhas nas práticas de higiene durante o abate e processamento. Dessa forma, a EHEC representa um desafio significativo para a segurança dos alimentos, exigindo monitoramento rigoroso e a adoção de medidas preventivas eficazes na indústria frigorífica.

2.1 *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) e sua importância sanitária

A *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) é considerada um dos principais patógenos associados a alimentos de origem animal, especialmente à carne bovina (Franco; Landgraf, 2018). Esse microrganismo pertence ao grupo das cepas produtoras de toxina Shiga (STEC), descritos pela presença dos genes *stx1* e *stx2*, responsáveis por sua virulência (Hussein, 2007; Rosa *et al.*, 2016). Esses genes estão associados à produção de toxinas e aos mecanismos de adesão da bactéria às células intestinais, favorecendo a instalação e progressão da infecção (Palma, 2020).

O sorotipo *Escherichia coli* O157:H7 é o mais frequentemente associado a surtos de doenças transmitidas por alimentos em nível mundial (Karmali, 2006; Callaway *et al.*, 2007). Uma baixa dose infecciosa torna esse patógeno especialmente relevante do ponto de vista sanitário, uma vez que pequenas quantidades ingeridas já são suficientes para causar infecção (Silva Júnior, 2018). Entre as manifestações clínicas associadas à EHEC, destacam-se a colite hemorrágica e a síndrome hemolítica-urêmica, que podem evoluir para quadros graves e ambientais fatais (Karmali, 2006).

Além disso, a EHEC apresenta elevada capacidade de sobrevivência em diferentes condições ambientais, incluindo superfícies industriais e equipamentos utilizados no processamento de alimentos (Franco; Landgraf, 2018). Sua habilidade de formação de biofilmes contribui significativamente para sua persistência no ambiente de produção, dificultando sua remoção por procedimentos convencionais de higienização (Rosa *et al.*, 2016; Aarestrup; Wegener; Collignon, 2008).

2.1.1 Bovinos como reservatórios e vias de contaminação

As bactérias do gênero *Escherichia coli* são bastonetes Gram-negativas, não esporuladas, podendo ser móveis ou imóveis, pertencentes à família Enterobacteriaceae (Lerner; Lerner, 2003; Eslava *et al.*, 2003). São microrganismos anaeróbios facultativos predominantes no trato gastrointestinal de seres humanos e de outros animais de sangue quente, desempenhando papel importante na microbiota intestinal, inclusive na síntese de vitaminas (Jay, 2000; Eslava *et al.*, 2003; Lerner; Lerner, 2003).

No entanto, algumas cepas adquiriram mecanismos de virulência capazes de causar diversas doenças em humanos e animais, como gastroenterites, infecções urinárias, pneumonia e meningite, podendo inclusive apresentar infecções assintomáticas (Eslava *et al.*, 2003; Lerner; Lerner, 2003).

Os bovinos são reconhecidos como o principal reservatório natural da EHEC, eliminando o microrganismo por meio das fezes sem apresentar sinais clínicos de infecção (Prata, 2009; Medeiros, 2013). Essa eliminação contribui para a contaminação do ambiente de criação e redução, aumentando o risco de propagação do patógeno ao longo da cadeia produtiva (Ferens; Hovde, 2011). Durante o processo de abate, especialmente nas etapas de esfolagem e evisceração, pode ocorrer a transferência da bactéria para a carcaça (Medeiros, 2013), sendo a presença de matéria fecal na pele dos animais um dos principais fatores associados à contaminação microbiológica (Franco; Landgraf, 2018).

A contaminação cruzada também pode ocorrer por meio do contato com superfícies, equipamentos e manipuladores durante o processamento (Prata, 2009). Nesse contexto, ocorrem falhas nas práticas de higienização e manejo sanitário de forma significativa para a disseminação da EHEC (Silva Júnior, 2018). Fatores operacionais, como a alta velocidade da linha de produção e o treinamento inadequado dos funcionários, podem intensificar esse processo e aumentar o risco de contaminação das carcaças (Medeiros, 2013).

2.1.2 Métodos pré-abate

A melhoria da segurança dos produtos cárneos, associada à implementação do sistema APPCC nos abatedouros e à aplicação de tratamentos antimicrobianos

pós-abate, contribuiu significativamente para a redução da contaminação de carcaças. No entanto, essas medidas não foram suficientes para eliminar completamente os casos de doenças associadas ao consumo de carne contaminada. Diante disso, passaram a ser discutidas estratégias voltadas à redução da carga microbiana em animais ainda vivos, antes do abate (Callaway *et al.*, 2004).

Nesse contexto, diferentes abordagens foram estudadas, como a modificação da dieta, o uso de probióticos, a exclusão competitiva, inovações, bacteriófagos e vacinas, com o objetivo de reduzir a presença de microrganismos patogênicos no trato intestinal dos animais. O uso de probióticos, compostos por microrganismos benéficos da microbiota intestinal, ainda apresenta resultados inconsistentes, o que limita sua ampla aplicação. Já a exclusão competitiva consiste na introdução de populações bacterianas não patogênicas no intestino, reduzindo a colonização por patógenos, sendo objeto de estudos para desenvolvimento de soluções comerciais capazes de diminuir a eliminação fecal da EHEC (Callaway *et al.*, 2004).

Embora alguns antibióticos tenham demonstrado redução na eliminação fecal de *E. coli* O157:H7, seu uso é amplamente considerado devido ao risco de seleção e disseminação de bactérias resistentes. O uso de bacteriófagos e vacinas também tem sido investigado, porém sua eficácia em bovinos ainda não está totalmente consolidada, sendo necessários estudos adicionais para sua validação como estratégias de controle (Callaway *et al.*, 2004).

Outras medidas de intervenção no manejo pré-abate incluem boas práticas de produção nas fazendas, como manutenção adequada das instalações, fornecimento adequado de água e alimentação de qualidade, transporte adequado com redução de estresse e manejo correto de projetos de animais. Essas práticas têm como objetivo reduzir a carga microbiana inicial e limitar a propagação do patógeno no ambiente, contribuindo para a melhoria da segurança microbiológica da carne (Callaway *et al.*, 2007; Sofos; Geornaras, 2010; Machado *et al.*, 2020).

Diante do exposto, observa-se que a *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) representa um importante desafio sanitário na cadeia produtiva de alimentos de origem animal, especialmente na carne bovina, devido ao seu elevado potencial patogênico, baixa dose infectante e capacidade de persistência no ambiente de processamento. Sua associação direta com os bovinos como reservatórios naturais, aliada às possíveis falhas nas etapas de abate e às condições internas de higiene, favorecendo sua disseminação e aumentando os riscos de contaminação das carcaças. Nesse sentido, compreender suas características, vias de transmissão e fatores de controle é fundamental para subsidiar estratégias de prevenção, contribuindo para a redução de riscos à saúde pública e para o fortalecimento da segurança microbiológica dos alimentos.

3 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa de literatura, conforme a metodologia proposta por Marconi e Lakatos (2017), tendo como objetivo identificar, reunir e analisar criticamente estudos relacionados à presença de *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) como indicador de risco em estabelecimentos frigoríficos bovinos.

A seleção das fontes foi realizada com base em critérios de relevância científica, priorizando publicações que abordassem a ocorrência, os mecanismos de

virulência e os fatores associados à patogenicidade da *Escherichia coli* O157:H7 em ambientes de abatedouros frigoríficos.

Os dados foram coletados em bases de dados científicos confiáveis, tais como SciELO, PubMed e Google Scholar, contemplando prioritariamente estudos publicados entre os anos de 2002 e 2025. Foram utilizadas palavras-chave combinadas, como “*Escherichia coli* O157:H7”, “toxina Shiga”, “carne bovina”, “abatedouros frigoríficos”, “segurança dos alimentos” e “saúde animal”.

Foram incluídos estudos que apresentam metodologias laboratoriais de detecção de microrganismo, como ocorrência em cadeia da polimerase (PCR), ensaio imunoenzimático (ELISA) e isolamento bacteriano, além de pesquisas relacionadas à resistência antimicrobiana e à epidemiologia da EHEC. De forma complementar, foram considerados estudos anteriores ao período delimitado, visto que apresentam relevância científica e informações não anteriores por evidências mais recentes.

Foram excluídos trabalhos que não contribuíram diretamente para os objetivos da pesquisa, incluindo revisões secundárias sem análise crítica aprofundada, trabalhos acadêmicos sem rigor metodológico e estudos não relacionados ao tema proposto.

O processo de seleção seguiu as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. Inicialmente, fez-se a leitura de títulos, resumos e palavras-chave, seguida da análise completa dos estudos selecionados, a fim de verificar sua pertinência e contribuição para a temática investigada.

Por fim, as informações obtidas foram organizadas, categorizadas e comprovadas de forma sistemática, permitindo a construção da revisão narrativa de literatura em conformidade com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos científicos demonstram que a presença de *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) está diretamente associada às etapas críticas do processo de abate bovino, especialmente durante a esfolagem e a evisceração. Essas fases são reconhecidas como pontos sensíveis para a ocorrência de contaminação cruzada, podendo comprometer significativamente a qualidade microbiológica da carne (Franc, 2018; Garcia, 2021; Embrapa, 2022).

Durante o processamento em frigoríficos, o risco de contaminação por EHEC varia conforme a etapa do abate, sendo influenciado principalmente pela transferência de patógenos da pele e do trato gastrointestinal dos animais. Estudos indicam que, na fase inicial, a prevalência de *E. coli* O157:H7 nas fezes pode variar entre 20% e 60%, enquanto a contaminação do couro pode ultrapassar 70%, representando uma importante fonte de disseminação do microrganismo (Elder *et al.*, 2000; Barkocy-Gallagher *et al.*, 2003).

A etapa de esfolagem destaca-se como uma das principais fontes de contaminação, uma vez que envolve o contato direto entre o couro, frequentemente contaminado, e a carcaça. Esse contato favorece a transferência de microrganismos, especialmente na ausência de controle higiênico especificado durante o procedimento (Palma, 2020). Em condições de processamento, essa etapa pode resultar em níveis de contaminação de aproximadamente 15% a 25% das carcaças (Arthur *et al.*, 2002).

Na análise das etapas do abate bovino, foram identificados diversos pontos críticos de contaminação microbiológica, com destaque para a esfolagem, evisceração e a manipulação das carcaças. Observe-se que o contato entre a pele e a carne constitui um dos principais riscos, uma vez que a superfície externa dos animais pode apresentar elevada carga microbiana, favorecendo a transferência de patógenos para a carcaça (Franco; Landgraf, 2018; Ferens; Hovde, 2011).

Após a evisceração, o risco de contaminação permanece relevante, especialmente em casos de ruptura do trato gastrointestinal, o que pode manter níveis de contaminação entre 10% e 20% (Arthur *et al.*, 2002). Esse fator é amplamente descrito como uma das principais fontes de contaminação de carcaças, principalmente quando ocorrem falhas operacionais durante o procedimento (Medeiros, 2013; Prata, 2009). A presença de matéria fecal, nesse contexto, é considerada um dos principais indicadores de risco microbiológico em frigoríficos (Franco; Landgraf, 2018).

Além disso, contribui-se que a manipulação convencional de equipamentos, como facas, aliada à higienização insuficiente de equipamentos e superfícies, contribui significativamente para a ocorrência de contaminação cruzada ao longo da linha de abate. A literatura evidencia que esses fatores são determinantes para a propagação de microrganismos patogênicos no ambiente frigorífico (Silva Júnior, 2018; Franco; Landgraf, 2018; MAPA, 2021).

Durante a avaliação das etapas operacionais, também foram observadas situações que envolvem a manipulação de tecidos internos, como a retirada de vísceras e, eventualmente, de fetos, o que pode aumentar o risco de contaminação devido ao contato com fluidos biológicos. Essa exposição favorece a disseminação de microrganismos no ambiente de abate, especialmente quando não há higienização adequada entre as etapas do processo (Rosa *et al.*, 2016).

A etapa de oclusão do esôfago também se destaca como um ponto crítico relevante, pois sua execução inconveniente pode permitir o extravasamento de conteúdo ruminal, comprometendo a qualidade higiênico-sanitária da carcaça, conforme ilustrado na Figura 1 (Medeiros, 2013; Prata, 2009). Além disso, a utilização de equipamentos sem higienização adequada pode atuar como fonte adicional de contaminação, intensificando os riscos microbiológicos ao longo da cadeia de abate (Franco; Landgraf, 2018).

Diante dos resultados apresentados, evidencia-se que a contaminação por *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) na cadeia produtiva da carne bovina está diretamente associada às falhas de controle higiênico-sanitário nas etapas críticas do abate, especialmente esfolagem e evisceração. Os resultados reforçam que a carcaça pode ser contaminada por diferentes vias, como contato com pele, conteúdo gastrointestinal e superfícies/equipamentos, ou que destaca a complexidade do controle microbiológico em ambientes frigoríficos. Além disso, observe que fatores operacionais, como higienização atmosférica, treinamento insuficiente de manipuladores e falhas de procedimento, potencializam significativamente o risco de disseminação de patógenos ao longo da linha de processamento.

Assim, a literatura comprovada converge para a necessidade de medidas preventivas rigorosas e contínuas, reforçando a importância de sistemas de controle como o APPCC e de boas práticas de fabricação, com o objetivo de reduzir a carga microbiana e garantir a segurança dos alimentos destinados ao consumo humano.

Figura 1 – Etapas da oclusão do esôfago e possíveis pontos de contaminação durante o processo de abate bovino



Fonte: Acervo pessoal, 2026.

Por outro lado, a aplicação de instruções tecnológicas, como a lavagem com água quente, o uso de ácidos orgânicos e a adoção de boas práticas de fabricação, promove uma redução significativa da carga microbiana nas. Estudos indicam que, após a implementação dessas etapas de intervenção, a prevalência de EHEC pode ser reduzida para valores inferiores a 1% a 5%, evidenciando a eficácia das medidas de controle sanitário (Arthur *et al.*, 2002; USDA-FSIS, 2012).

Desta forma, observa-se que o risco de contaminação por EHEC no ambiente frigorífico é sonoro e varia conforme a etapa do processamento, sendo mais elevado nas fases iniciais, como recepção dos animais e esfolagem, e progressivamente limitado à medida que são aplicadas medidas de controle ao longo da linha de abate. Esses dados estão representados na Tabela 1 e na Figura 2, como os quais evidenciam a variação da prevalência do microrganismo ao longo das diferentes etapas do abate bovino.

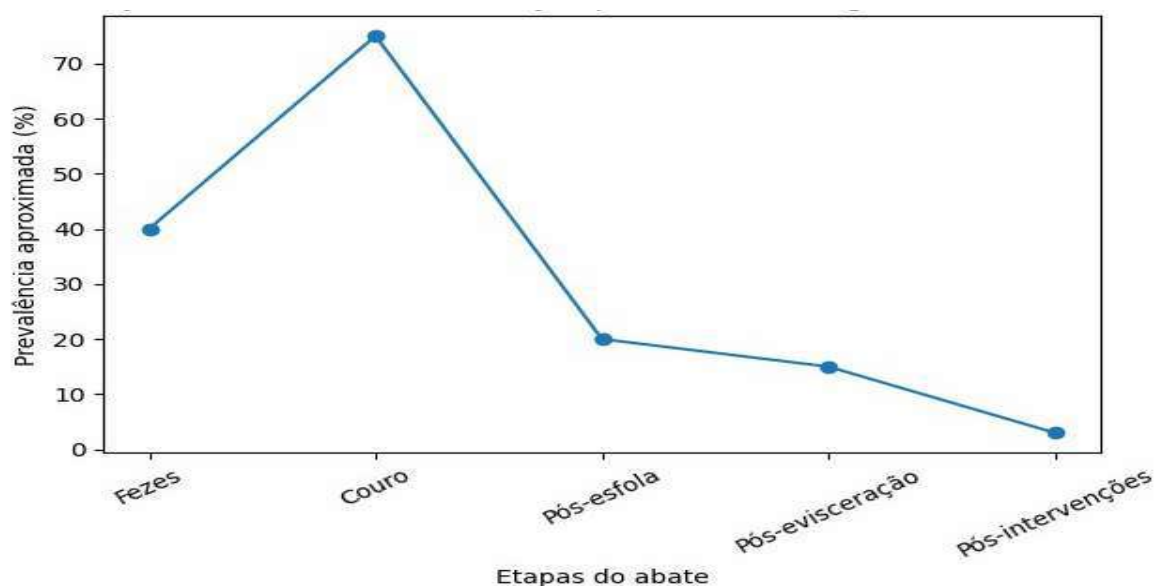
Por fim, destaca-se que uma aplicação rigorosa de programas de autocontrole, como o sistema APPCC, é essencial para garantir a segurança dos alimentos, reduzir a ocorrência de contaminações microbiológicas e, conseqüentemente, minimizar os riscos à saúde pública.

Tabela 1 – Prevalência de *Escherichia coli* entero-hemorrágica (EHEC) ao longo das etapas do abate bovino

Etapa do abate	Prevalência (%)
Fezes (animal vivo)	20-60%
Couro	até 70-80%
Pós-esfola	15-25%
Pós-evisceração	10-20%
Pós-intervenções	<1-5%

Fonte: Adaptado de Elder *et al.* (2000), Barkocy-Gallagher *et al.* (2003) e Arthur *et al.* (2002).

Figura 2 – Variação do risco de contaminação por *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) ao longo da linha de abate bovino.



Fonte: Elaborado pela autora, com base em Elder *et al.* (2000), Barkocy-Gallagher *et al.* (2003) e Arthur *et al.* (2002).

A análise apresentada na Figura 2 evidencia que o risco de contaminação por *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) não se mantém constante ao longo da

linha de abate, variando de acordo com as etapas do processo e com a eficácia das medidas de controle higiênico-sanitário aplicadas. Observe-se que as fases iniciais concentram os maiores índices de risco, principalmente em função da carga microbiana elevada associada a animais vivos e ao contato com superfícies ambientais contaminadas. À medida que o processamento avança e são aplicadas instruções sanitárias adequadas, verifica-se uma redução progressiva desse risco, reforçando a importância do controle contínuo e sistemático ao longo de toda a cadeia produtiva da carne bovina.

A contaminação microbiológica decorrente do contato com o couro é evidenciada na etapa de esfolagem da carcaça, conforme demonstrado na Figura 3, o que reforça a importância da execução adequada das práticas higiênico-sanitárias durante essa fase do processo.

Figura 3 – Etapa de esfolagem em frigorífico bovino



Fonte: Acervo pessoal, 2026.

Observe-se que, durante essa etapa, a proximidade entre o couro e a carcaça aumenta o risco de contaminação, especialmente em situações nas quais há falhas na higienização dos equipamentos ou na execução instalada do procedimento. Esse cenário evidencia a necessidade de adoção rigorosa de boas práticas operacionais, reduzindo os riscos de contaminação microbiológica.

Além disso, a etapa de evisceração também representa um ponto crítico relevante, principalmente quando ocorre o rompimento do trato gastrointestinal, o que pode resultar na liberação de conteúdo fecal sobre a carcaça (Medeiros, 2013). Essa condição favorece a propagação de patógenos, incluindo a EHEC, aumentando significativamente o risco de contaminação microbiológica.

Durante a etapa de pré-evisceração e remoção de fetos, observe-se a importância do manejo adequado para prevenir a contaminação da carcaça por conteúdo intestinal, uma vez que as falhas operacionais nessa fase podem favorecer a disseminação de microrganismos ao longo da linha de abate, conforme

evidenciado na Figura 4.

Diante do exposto, evidencia-se que as etapas de esfola, evisceração e manipulação inicial da carcaça apontam pontos críticos no processo de abate bovino, devido ao elevado risco de contaminação microbiológica associado ao contato com a couro, conteúdo gastrointestinal e falhas operacionais. Esses fatores, quando não devidamente controlados, favorecem a propagação de patógenos como a EHEC ao longo da linha de produção, comprometendo a qualidade higiênico-sanitária da carne.

Nesse sentido, reforça-se a necessidade de implementação rigorosa de boas práticas operacionais e de sistemas de controle eficazes, como o APPCC, com o objetivo de minimizar os riscos de contaminação e garantir a inocuidade dos produtos destinados ao consumo humano.

Figura 4 – Processo de pré-evisceração e remoção dos fetos em frigorífico bovino



Fonte: Acervo pessoal, 2026.

Durante a evisceração e a remoção do feto, a execução específica das técnicas operacionais pode intensificar o risco de contaminação, evidenciando a necessidade de treinamento adequado dos colaboradores e de controle rigoroso dos procedimentos.

Outro fator relevante envolvido refere-se à contaminação cruzada por meio de superfícies, equipamentos e manipuladores. A ausência ou a falha na higienização desses elementos contribui significativamente para a disseminação de microrganismos ao longo da linha de abate (Silva Júnior, 2018).

Diante dos resultados apresentados, constata-se que a contaminação microbiológica na cadeia de abate bovino está diretamente associada tanto às etapas operacionais críticas, como esfola e evisceração, quanto a fatores estruturais e de manejo, incluindo falhas na higienização de equipamentos, superfícies e na capacitação dos manipuladores. Esses elementos, quando não controlados de forma

adequada, favorecem a ocorrência de contaminação cruzada e a propagação de patógenos ao longo da linha de produção, comprometendo a inocuidade da carne.

Assim, os resultados reforçam a necessidade de rigor na aplicação das boas práticas de fabricação e dos programas de autocontrole, como o APPCC, como medidas essenciais para a redução dos riscos microbiológicos e a garantia da segurança dos alimentos destinados ao consumo humano.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise da literatura científica, conclui-se que a presença de *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) em estabelecimentos frigoríficos bovinos representa um importante indicador de risco para a segurança microbiológica da carne, estando diretamente associado às etapas críticas do processo de abate, especialmente à esola e à evisceração (Franco; Landgraf, 2018; Medeiros, 2013; Embrapa, 2022).

Os resultados evidenciam que os bovinos atuam como reservatórios naturais desse patógeno, favorecendo sua propagação no ambiente frigorífico (Callaway *et al.*, 2007; Freitas Filho *et al.*, 2014). Além disso, a contaminação cruzada pode ocorrer por meio de superfícies, equipamentos e manipuladores, sendo intensificada por falhas nos procedimentos higiênico-sanitários (Silva Júnior, 2018; MAPA, 2021).

Fatores operacionais, como treinamento inadequado dos colaboradores, alta velocidade da linha de abate e falhas na execução dos procedimentos, contribuem de forma significativa para o aumento significativo para o aumento do risco microbiológico e para a redução da eficácia das medidas de controle (Franco; Garcia, 2021).

Diante desse cenário, destaca-se a necessidade da adoção de medidas preventivas baseadas em sistemas de autocontrole, como o APPCC, consideradas fundamentais para a identificação, avaliação e controle de perigos microbiológicos, garantindo a inocuidade dos alimentos (FAO; OMS, 2018; Rhoades; Duggan; O'Brien, 2020).

Dessa forma, o fortalecimento das práticas de controle sanitário, aliado ao monitoramento microbiológico contínuo nos frigoríficos bovinos, mostra-se essencial para garantir a qualidade da carne, proteger a saúde pública e manter a competitividade do setor cárneo brasileiro no mercado nacional e internacional (FAO; OMS, 2018; MAPA, 2021).

Diante do desenvolvimento deste estudo, conclui-se que a investigação da presença de *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) em estabelecimentos frigoríficos bovinos, evidencia a relevância do controle especificamente das etapas de abate para a garantia da segurança microbiológica da carne. Os resultados reforçam que, embora a indústria disponha de sistemas de controle e tecnologias de mitigação de riscos, a efetividade dessas medidas depende diretamente da correta aplicação das boas práticas de fabricação, do treinamento adequado dos colaboradores e do monitoramento contínuo dos pontos críticos de contaminação.

Assim, ressalta-se que a prevenção de riscos microbiológicos não se limita à etapa final do processamento, mas envolve toda a cadeia produtiva, desde o manejo pré-abate até o produto final. Espera-se que os resultados aqui apresentados contribuam para o aprimoramento das práticas sanitárias em refrigeradores bovinos e para o fortalecimento das estratégias de vigilância e segurança dos alimentos, promovendo, consequentemente, a proteção da saúde pública.

REFERÊNCIAS

ARTHUR, T. M. *et al.* Prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 on cattle and in carcasses at slaughter. **Journal of Food Protection**, v. 65, n. 10, p. 1626–1634, 2002. Disponível em: <https://meridian.allenpress.com/jfp/article/65/10/1626/168482/Prevalence-of-Escherichia-coli-O157-H7-on>. Acesso em: 9 ago. 2025.

AARESTRUP, FRANK M.; WEGENER, HENRIK C.; COLLIGNON, PETER. Resistance in bacteria of the food chain: epidemiology and control strategies. **Expert Review of Anti-infective Therapy**, v. 6, n. 5, p. 733–750, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1586/14787210.6.5.733>. Acesso em: 14 mar. 2026.

BARKOCY-GALLAGHER, G. A. *et al.* **Seasonal prevalence of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in cattle and carcasses. *Applied and Environmental Microbiology***, v. 69, n. 6, p. 3233–3242, 2003. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.69.6.3233-3242.2003>. Acesso em: 28 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2016. Dispõe sobre os procedimentos para controle de *Escherichia coli* produtora de toxina de Shiga em carcaças de bovinos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 246, p. 14, 26 dez. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/control-de-patogenos/escherichia-coli>. Acesso em: 8 abr. 2026.

BRASIL. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm. Acesso em: 22 fev. 2026.

CALLAWAY, T. R. *et al.* Pre-harvest interventions to reduce the shedding of *Escherichia coli* O157:H7 in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, suppl. 13, p. E63–E72, 2007. Disponível em: https://academic.oup.com/jas/article-abstract/85/suppl_13/E63/4775318. Acesso em: 10 mar. 2026.

CAMARGO JÚNIOR, RAIMUNDO NONATO COLARES *et al.* **Revisão integrativa, sistemática e narrativa: aspectos importantes na elaboração de uma revisão de literatura.** Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 1–15, 2023. Disponível em: <https://revista.acbsc.org.br/racb/article/view/1877/1183> Acesso em: 10 mar. 2026.

CAPRIOLI, ALFREDO *et al.* Enterohaemorrhagic *Escherichia coli*: emerging issues on virulence and modes of transmission. **Veterinary Research**, Paris, v. 36, p. 289–311, 2005. Disponível em: <https://www.vetres.org/articles/vetres/abs/2005/03/v4055/v4055.html>. Acesso em: 9 abr. 2026.

ELDER, R. O. *et al.* **Correlation of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 prevalence in feces, hides, and carcasses of beef cattle during processing.** PNAS, v. 97, n. 7, p. 2999–3003, 2000. Disponível em: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-08/Ecoli_Risk_Assessment.pdf. Acesso em: 25 nov. 2025.

EMBRAPA. **Avanços na detecção de *Salmonella* spp. e *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) O157:H7 em carcaças de bovinos durante o processamento em abatedouros-frigoríficos.** Brasília, DF: Embrapa, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/209350>. Acesso em: 14 fev. 2026.

ESLAVA, E.; VILLASECA, J.; HERNANDEZ, U.; CRAVIOTO, A. *Escherichia coli* In: MILIOTIS, M. D; BIER, J. W. **International Handbook of Foodborne Pathogens.** 1. ed., New York: Marcel Dekker, 2003. p. 123-135. Disponível em: <https://www.routledge.com/International-Handbook-of-Foodborne-Pathogens/Miliotis-Bier/p/book/9780824706889>. Acesso em: 11 dez. 2025

FERENS, Witold A.; HOVDE, Carolyn J. *Escherichia coli* O157: H7: animal reservoir and sources of human infection. **Foodborne pathogens and disease**, v. 8, n. 4, p. 465-487, 2011. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1089/fpd.2010.0673>. Acesso em: 05 abr. 2026.

Food and Agriculture Organization; World Health Organization. **Foodborne pathogenic bacteria: risk assessment and control.** Rome: FAO; WHO, 2020. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/foodborne-diseases/#tab=tab_1. Acesso em: 15 mar. 2026.

FOGO, Verônica Simões. **Prevalência e caracterização de *Escherichia coli* O157:H7 e outras cepas produtoras de toxina de Shiga (STEC) na linha de abate de carne bovina destinada à exportação.** 2009. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-27012017-123850/en.html>. Acesso em: 6 maio. 2026.

Franco, Bernadette Dora Gombossy de Melo; LANDGRAF, Mariza. **Microbiologia dos alimentos.** 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2018. Disponível em:

<https://bvirtual.com.br/NossoAcervo/Publicacao/microbiologia-dos-alimentos-168091>. Acesso em: 10 abr. 2026.

FREITAS FILHO, Edismauro G. *et al.* Enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157: H7 from healthy dairy cattle in Mid-West Brazil: occurrence and molecular characterization. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 24-28, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pvb/a/6jfgCkCBZL7YQK4c5FPw6Kft/?format=html&lang=en>. Acesso em: 15 fev. 2026.

GARCIA, Lorena Natalino Haber. **Identificação e caracterização de *Escherichia coli* diarreiogênica de abatedouro misto de bovinos e suínos**. 2021. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV_308fb6ab9430ba321da2e74cd860eee5. Acesso em: 29 jan. 2026.

HUSSEIN, H. S. Prevalence and pathogenicity of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in beef cattle and their products. **Journal of animal science**, v. 85, n. suppl_13, p. E63-E72, 2007. Disponível em: https://academic.oup.com/jas/article-abstract/85/suppl_13/E63/4775318. Acesso em: 7 abr. 2026.

JAY, James M.; LOESSNER, Martin J.; GOLDEN, David A. **Modern food microbiology**. Boston, MA: Springer US, 2005. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-23413-6_13. Acesso em: 11 jan. 2026.

JEMIMA, C. A.; SANTOS, T. C.; MOREIRA, A. L. Prevalence and characteristics of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) strains in ground beef in São Paulo, Brazil. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdã, v. 292, p. 55–62, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-food-microbiology> Acesso em: 18 jan. 2026

KARMALI, Mohamed A. **Emerging public health challenges of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* related to changes in the pathogen, the population, and the environment**. Clinical Infectious Diseases, Oxford, v. 43, n. 4, p. 681–689, 2006. Disponível em: <https://academic.oup.com/cid/article/43/4/681/422998> . Acesso em: 4 abr. 2026

LERNER, K. L.; LERNER, B.W. **World of microbiology and immunology**. 1. ed., Michigan: Gale, 2003, 357p. Disponível em: https://openlibrary.org/books/OL14440720M/World_of_microbiology_and_immunology. Acesso em: 7 abr. 2026.

MACHADO, Maxsueli Aparecida Moura *et al.* **Resistência térmica de *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga em carne bovina brasileira**. 2020. Disponível em: Maxsueli MACHADO | Postdoctoral | Doctor in Food Science | Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro | UFRJ | Research profile. Acesso em: 25 fev. 2026.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Procedimentos de Autocontrole em Frigoríficos**. Brasília: MAPA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

MARTINI, Renata Panciera. **Descontaminação de Cortes de Miúdos Externos de Suíno com Ácido Lático e Variação de Pressão de Água**. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/8a5a240ad87c5e99ca66c1685405427c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>. Acesso em: 2 fev. 2026.

MEDEIROS, Thiago da Silva. **Implantação do sistema APPCC em um frigorífico de bovinos**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013. Disponível em: <https://bib.pucminas.br/pergamumweb/download/DE53DC7D-E576-4888-8342-B3D07DC08CB7.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2026.

PALMA, Joana Marchesini. **Deteção de *Escherichia coli* em ambientes de abatedouros frigoríficos de bovinos e aves localizados em Goiás e no Distrito Federal**. 2020. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/39364>. Acesso em: 30 jan. 2026.

PRATA, Camila Barbieri. **Ocorrência de *Escherichia coli* O157:H7 em bovinos abatidos em estabelecimento habilitado à exportação na cidade de Barretos – SP, Brasil**. 2009. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/a78a65e6-1435-494e-955b-7e93c65b9200/content?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 25 nov. 2025.

RHOADES, J. R.; DUGGAN, P. S.; O'BRIEN, S. **Pathogenic *Escherichia coli* in meat and meat products: detection, prevention, and control**. Microorganisms, Basel, v. 8, n. 2, p. 260, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/2/260>. Acesso em: 26 nov. 2025.

RILEY, Lee W. *et al.* Hemorrhagic colitis associated with a rare *Escherichia coli* serotype. **New England Journal of Medicine**, v. 308, n. 12, p. 681–685, 1983. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM198303243081203>. Acesso em: 6 dez. 2025.

ROSA, Joice Lara Rosa Lara *et al.* **Características da *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC)**. Saúde & Ciência em Ação, v. 2, n. 1, p. 66-78, 2016. Disponível em: <https://revistas.unifan.edu.br/index.php/RevistaICS/article/view/191>. Acesso em: 3 mar. 2026.

SILVA JUNIOR, Enéas de Andrade. **Manual de controle higiênico-sanitário em alimentos**. 9. ed. São Paulo: Varela, 2018. Disponível em: Manual de controle higiênico-sanitário em alimentos - E.A.da SILVA JUNIOR - Google Livros. Acesso em: 16 mar. 2026.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA-FSIS). **Risk Assessment for *Escherichia coli* O157:H7 in Beef**. Washington, 2012. Disponível em: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-08/Ecoli_Risk_Assessment.pdf. Acesso em: 25 abr. 2026.

ANEXOS

ANEXO A – Termo de autorização para utilização de dados e imagens institucionais

O termo de autorização para utilização de dados e imagens institucionais pode ser acessado por meio do QR Code abaixo:

