



CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITAITUBA S/C LTDA

FACULDADE DE ITAITUBA – FAI

CURSO BACHARELADO EM FARMÁCIA

BRUNO MOURA DE FREITAS

**ATUAÇÃO DO FARMACÊUTICO NA PERÍCIA CRIMINAL SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS FARMACOLÓGICAS E TOXICOLÓGICAS DO
FENTANIL: Revisão da literatura**

Itaituba – PA

2026

BRUNO MOURA DE FREITAS

**ATUAÇÃO DO FARMACÊUTICO NA PERÍCIA CRIMINAL SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS FARMACOLÓGICAS E TOXICOLÓGICAS DO
FENTANIL: Revisão da literatura**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Itaituba para obtenção do Título de
Bacharel em Farmácia.

Orientador: Prof. Esp. Cassio Moura de Sousa

Itaituba – PA

2026

FREITAS, Bruno Moura de.

Atuação do farmacêutico na perícia criminal sobre as características farmacológicas e toxicológicas do fentanil / Bruno Moura de Freitas. – Itaituba, PA: Faculdade de Itaituba (FAI), 2026.

60 f.: il.

Orientador: Prof. Esp. Cassio Moura de Sousa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Faculdade de Itaituba (FAI), Itaituba, PA, 2026.

1. Fentanil. 2. Toxicologia forense. 3. Perícia criminal. 4. Atuação farmacêutica.

I. Sousa, Cassio Moura de. II. Faculdade de Itaituba.

BRUNO MOURA DE FREITAS

**ATUAÇÃO DO FARMACÊUTICO NA PERÍCIA CRIMINAL SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS FARMACOLÓGICAS E TOXICOLÓGICAS DO
FENTANIL: Revisão da literatura**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Itaituba para obtenção do Título de
Bacharel em Farmácia.

Orientador: Prof. Esp. Cassio Moura de Sousa

BANCA EXAMINADORA

Avaliador(a): _____ Nota: _____

Prof. _____

Avaliador(a): _____ Nota: _____

Prof. _____

Avaliador(a): _____ Nota: _____

Prof. _____

Resultado: _____ Média: _____

Data: _____ de 2026.

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, fonte de força, sabedoria e perseverança em todos os momentos desta caminhada. À minha família, que sempre esteve ao meu lado com amor, apoio e incentivo, tornando possível a realização deste sonho e a conclusão desta importante etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por ser meu sustento e fonte inesgotável de força, sabedoria e perseverança ao longo de toda esta trajetória acadêmica. À minha família, em especial à minha mãe, pelo amor incondicional, apoio constante e ensinamentos que foram fundamentais para minha formação pessoal e acadêmica.

As minhas filhas, minha maior motivação, pela compreensão, paciência e incentivo diário, e a minha esposa pelo companheirismo, apoio e confiança depositados em mim durante todo esse percurso.

Ao meu orientador, Cássio Moura de Sousa

Pelas valiosas orientações, dedicação e contribuições técnicas, que foram essenciais para o desenvolvimento e a qualidade deste trabalho.

À Faculdade de Itaituba - FAI e aos professores do curso de Bacharelado em Farmácia, pelos conhecimentos transmitidos e pela contribuição significativa para minha formação acadêmica e profissional.

Aos colegas de curso e a todos que, direta ou indiretamente, acreditaram em mim e contribuíram para a realização deste trabalho, expresso minha sincera gratidão.

“Se algum de vocês tem falta de sabedoria, peça-a a Deus, que a todos dá liberalmente.”

Tiago 1:5

RESUMO

O fentanil é um opioide sintético de elevada potência, cuja disseminação e uso indevido têm provocado impactos significativos na saúde pública e no âmbito da investigação forense. Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo analisar a atuação do farmacêutico na perícia criminal, por meio de uma revisão da literatura, com ênfase nas características farmacológicas e toxicológicas do fentanil, bem como em suas implicações clínicas, legais e periciais. Trata-se de uma revisão de literatura, desenvolvida a partir da análise de estudos científicos indexados em bases de dados como PubMed e SciELO, selecionados conforme critérios de relevância, atualidade e aderência à temática proposta. Os resultados evidenciaram que o fentanil apresenta propriedades farmacológicas singulares, como elevada potência, rápida absorção e estreita margem terapêutica, fatores diretamente relacionados à alta letalidade observada em casos de intoxicação e overdose. Observou-se, ainda, que as interações farmacológicas do fentanil com outras substâncias potencializam seus efeitos tóxicos, ampliando a gravidade dos quadros clínicos e dificultando a interpretação pericial. No âmbito forense, destacaram-se os desafios relacionados à detecção e quantificação da substância, especialmente diante da diversidade de análogos sintéticos e das limitações de métodos laboratoriais convencionais, o que reforça a necessidade do emprego de técnicas analíticas avançadas. Nesse contexto, a atuação do farmacêutico perito criminal mostrou-se fundamental para a análise de amostras biológicas, interpretação dos achados toxicológicos e elaboração de laudos técnicos com elevado valor probatório. Conclui-se que a compreensão das características farmacológicas e toxicológicas do fentanil, aliada à atuação especializada do farmacêutico na perícia criminal, é essencial para o esclarecimento de casos envolvendo opioides potentes e para o enfrentamento dos impactos associados ao seu uso indevido.

Palavras-Chave: Fentanil. Toxicologia forense. Perícia criminal. Farmacêutico perito.

ABSTRACT

Fentanyl is a highly potent synthetic opioid whose widespread dissemination and misuse have caused significant impacts on public health and forensic investigations. In this context, the present study aimed to analyze the role of the pharmacist in criminal forensics through a literature review, with emphasis on the pharmacological and toxicological characteristics of fentanyl, as well as its clinical, legal, and forensic implications. This is a literature review developed from the analysis of scientific studies indexed in databases such as PubMed and SciELO, selected according to criteria of relevance, currency, and adherence to the proposed theme. The results showed that fentanyl presents singular pharmacological properties, including high potency, rapid absorption, and a narrow therapeutic margin, factors directly related to the high lethality observed in cases of intoxication and overdose. It was also observed that pharmacological interactions between fentanyl and other substances potentiate its toxic effects, increasing the severity of clinical conditions and complicating forensic interpretation. In the forensic context, challenges related to the detection and quantification of the substance were highlighted, especially due to the diversity of synthetic analogs and the limitations of conventional laboratory methods, reinforcing the need for advanced analytical techniques. In this scenario, the role of the forensic pharmacist proved to be essential for the analysis of biological samples, interpretation of toxicological findings, and preparation of technical reports with high probative value. It is concluded that understanding the pharmacological and toxicological characteristics of fentanyl, combined with the specialized role of the pharmacist in criminal forensics, is essential for clarifying cases involving potent opioids and for addressing the impacts associated with their misuse.

Keywords: Fentanyl. Forensic toxicology. Criminal forensics. Forensic pharmacist.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Fluxograma dos artigos selecionados.....	38
-----------	--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-	Produção científica selecionada sobre a referida temática.....	40
-----------	--	----

LISTA DE SIGLAS

ANVISA –	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CFF –	Conselho Federal de Farmácia
CPP –	Código de Processo Penal
CYP3A4 –	Citocromo P450 3A4
GC –	Cromatografia Gasosa
GC-MS –	Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas
HPLC –	High Performance Liquid Chromatography
LC-MS/MS –	Liquid Chromatography–Tandem Mass Spectrometry
MS –	Espectrometria de Massas
OMS –	Organização Mundial da Saúde
SNC –	Sistema Nervoso Central
SVS/MS –	Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1	TOXICOLOGIA E TOXICOLOGIA FORENSE.....	14
2.2	PERÍCIA CRIMINAL E INTERFACES COM AS CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS.....	17
2.3	O FARMACÊUTICO FORENSE: ATRIBUIÇÕES E ÁREAS DE ATUAÇÃO.....	21
2.4	CARACTERÍSTICAS FARMACOLÓGICAS E TOXICOLÓGICAS DO FENTANIL.....	24
2.5	USO INDEVIDO, ABUSO E IMPLICAÇÕES CRIMINAIS DO FENTANIL.....	27
2.6	CONTRIBUIÇÃO DO FARMACÊUTICO NA INVESTIGAÇÃO DE CRIMES ENVOLVENDO FENTANIL.....	30
2.7	INTERAÇÕES FARMACOLÓGICAS E TOXICOLÓGICAS DO FENTANIL.....	33
3	METODOLOGIA.....	36
3.1	TIPO DE ESTUDO.....	36
3.2	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.....	36
3.3	COLETA DE DADOS E ANÁLISE.....	37
3.4	RISCOS E BENEFÍCIOS.....	38
3.5	ASPECTOS ÉTICOS.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1	CARACTERÍSTICAS FARMACOLÓGICAS E TOXICOLÓGICAS DO FENTANIL.....	42
4.2	MÉTODOS LABORATORIAIS UTILIZADOS NA DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO FENTANIL.....	43
4.3	ANALISAR AS INTERAÇÕES FARMACOLÓGICAS E OS IMPACTOS CLÍNICOS E LEGAIS ASSOCIADOS AO USO DO FENTANIL.....	46
4.4	ATUAÇÃO DO FARMACÊUTICO NA PERÍCIA CRIMINAL FRENTE AOS IMPACTOS DO FENTANIL NA MORTALIDADE E NAS INTOXICAÇÕES.....	49
5	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

A toxicologia é uma ciência interdisciplinar dedicada ao estudo dos efeitos nocivos das substâncias químicas sobre os organismos vivos, bem como dos mecanismos pelos quais esses efeitos ocorrem. Essa área integra conhecimentos da química, biologia, farmacologia e medicina para compreender como diferentes compostos podem causar danos (HODGSON, 2020).

A perícia criminal é uma atividade técnico-científica fundamental para o esclarecimento de fatos de interesse judicial, utilizando métodos laboratoriais e tecnologias analíticas para transformar vestígios em provas científicas que subsidiam decisões judiciais de forma objetiva e imparcial. Nesse contexto, a integração entre a toxicologia e a perícia criminal evidencia o papel estratégico do farmacêutico, profissional capacitado para identificar e interpretar substâncias químicas, realizar análises laboratoriais complexas e elaborar laudos periciais com validade jurídica, contribuindo de maneira decisiva (OLIVEIRA, 2021; MELO, 2021).

O referido estudo tem o objetivo geral evidenciar as características farmacológicas e toxicológicas do fentanil. Em consenso aos seguintes objetivos específicos: Identificar os principais métodos laboratoriais e técnicas analíticas utilizados na detecção e quantificação do fentanil em contextos forenses; analisar as interações farmacológicas e os impactos clínicos e legais associados ao uso indevido e à disseminação do fentanil e evidenciar a atuação do farmacêutico na perícia criminal frente aos impactos do fentanil na mortalidade e nas intoxicações.

A escolha deste tema justifica-se pela necessidade de compreender e fortalecer a atuação do farmacêutico na perícia criminal diante do avanço do fentanil como substância de alto risco toxicológico. A investigação sobre o papel do farmacêutico se torna essencial porque este profissional reúne conhecimentos técnicos e científicos indispensáveis para a detecção, análise e interpretação dos resultados toxicológicos, fornecendo subsídios confiáveis para a elaboração de laudos periciais. O estudo contribui não apenas para evidenciar os aspectos da prática forense farmacêutica, mas também para ampliar a discussão sobre estratégias de enfrentamento a um fenômeno que representa uma ameaça emergente à sociedade.

De acordo com Ciccarone (2021), o aumento dos casos de intoxicação e dependência química associadas ao uso indevido do fentanil representa um dos maiores desafios contemporâneos para a saúde pública e a segurança mundial. O uso recreativo e a comercialização ilícita desse opioide sintético têm provocado um

crescimento alarmante das mortes por overdose e das internações relacionadas à toxicidade aguda. No Brasil, observa-se a expansão gradual desse fenômeno, marcada pela circulação clandestina da substância e pela dificuldade de detecção laboratorial de seus análogos.

Esse cenário evidencia não apenas a gravidade dos efeitos farmacológicos e toxicológicos do fentanil, mas também a necessidade de profissionais qualificados para atuar na identificação, análise e interpretação forense dessas ocorrências. Diante disso, surge a seguinte questão norteadora: Como as características farmacológicas e toxicológicas do fentanil, associadas às suas interações e ao uso indevido, impactam a saúde e a investigação forense, e qual é o papel do farmacêutico perito criminal nesse contexto?

A metodologia utilizada neste estudo destaca uma abordagem qualitativa, possibilitando uma compreensão mais profunda das tendências em análise. De acordo com isso, será fundamentado em uma natureza exploratória, com o objetivo de investigar aspectos envolvidos na literatura atual. No TCC em questão, foram selecionados trabalhos disponíveis no PubMed e SciELO, considerando o período de 2017 a 2025.

A presente pesquisa utilizou estudos de Armenian *et al.*, (2018), Volkow, Blanco e Collins (2021), Jones *et al.*, (2020), Han *et al.*, (2019), Ciccarone (2021), Zibbell *et al.*, (2023), Fujita, Oba e Sugaya *et al.*, (2023), Scholl *et al.*, (2019), Kuhn, Bigal e Nappo (2025) e Martins *et al.*, (2022), os quais forneceram subsídios teóricos e científicos para a análise das características farmacológicas e toxicológicas do fentanil e de suas implicações no contexto forense.

Este trabalho está organizado em cinco partes centrais. A primeira delas, a introdução, aborda o contexto do tema, apresenta a pergunta de pesquisa, define os objetivos do estudo e justifica sua relevância. Em seguida, a fundamentação teórica oferece o suporte conceitual necessário para o desenvolvimento da investigação. A terceira seção, dedicada à metodologia. Na parte de resultados e discussão, são exibidos os achados obtidos a partir dos artigos analisados. Por fim, a conclusão reúne os principais resultados, retomando os objetivos iniciais e respondendo à questão norteadora da monografia.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 TOXICOLOGIA E TOXICOLOGIA FORENSE

A toxicologia é a ciência que estuda os efeitos adversos das substâncias químicas sobre organismos vivos, analisando os mecanismos de ação, a intensidade dos efeitos e os fatores que determinam a toxicidade. Essa área envolve uma integração entre os campos da química, biologia, farmacologia e medicina, sendo considerada fundamental para compreender como agentes físicos ou químicos interagem com o corpo humano e o ambiente. Além disso, a toxicologia tem como propósito prevenir, diagnosticar e tratar intoxicações, atuando também na avaliação de riscos ocupacionais e ambientais (HODGSON, 2020).

Segundo Klaassen (2022), a palavra “toxicologia” tem origem no termo grego toxikon, que significa “veneno”, associado a logos, que significa “estudo”. Essa denominação reflete o caráter científico e investigativo da área, que desde os tempos antigos busca compreender os efeitos dos venenos e as formas de neutralizá-los. Com o avanço da ciência, a toxicologia deixou de ser uma prática empírica, restrita à observação de envenenamentos, para se tornar uma disciplina moderna, baseada em métodos experimentais, análises químicas e fundamentos biológicos.

Segundo Casarett e Doull (2021), a intensidade dos efeitos tóxicos de uma substância depende de diversos fatores, como dose, tempo de exposição, via de administração, frequência de uso e susceptibilidade individual. O princípio fundamental da toxicologia, formulado por Paracelso no século XVI, estabelece que a dose faz o veneno. Isso significa que qualquer substância pode causar efeitos nocivos se administrada em quantidade suficiente, e que a toxicidade não está apenas na natureza do composto, mas também na relação entre a exposição e a resposta biológica. Esse conceito sustenta toda a base científica da toxicologia moderna e orienta a determinação de limites seguros de exposição humana a agentes químicos.

Segundo Silva (2019), a toxicologia é composta por diferentes subáreas, que se complementam no estudo dos efeitos das substâncias tóxicas. A toxicologia clínica se concentra no diagnóstico e tratamento de intoxicações em seres humanos; a ocupacional analisa os riscos de exposição em ambientes de trabalho; a ambiental investiga contaminantes químicos em ecossistemas; e a experimental avalia o comportamento de novas substâncias em modelos biológicos. Já a toxicologia forense é responsável pela aplicação desses conhecimentos em contextos legais, auxiliando

na elucidação de crimes, acidentes e mortes suspeitas. Essa diversidade de vertentes reforça o caráter interdisciplinar e prático da toxicologia.

A toxicologia também se dedica a compreender os mecanismos moleculares pelos quais as substâncias químicas interagem com sistemas biológicos. Essa compreensão envolve o estudo de reações enzimáticas, interações com receptores celulares e alterações fisiológicas que ocorrem durante o processo de intoxicação. A análise desses mecanismos é essencial para prever efeitos adversos e estabelecer parâmetros de segurança. Dessa forma, a toxicologia fornece subsídios científicos para o registro e controle de produtos químicos, medicamentos e agrotóxicos, desempenhando papel regulatório e protetivo na saúde coletiva (HODGSON; LEVI, 2018).

Segundo Oliveira (2021), além do diagnóstico e da prevenção de intoxicações, a toxicologia exerce função estratégica na elaboração de políticas públicas e regulatórias, uma vez que fornece informações sobre a toxicidade de substâncias presentes em alimentos, medicamentos e produtos industriais. A partir de estudos experimentais e epidemiológicos, a toxicologia determina limites de exposição considerados seguros, colaborando para a criação de normas sanitárias e ambientais. Assim, a toxicologia cumpre dupla função: proteger a saúde humana e preservar o equilíbrio ecológico.

A toxicologia forense, ramo especializado da toxicologia geral, aplica seus princípios e técnicas em investigações criminais e judiciais. Seu principal objetivo é identificar e quantificar substâncias químicas em amostras biológicas ou materiais apreendidos, estabelecendo o nexo entre a exposição a determinado agente e o evento investigado. Essa especialidade é fundamental para a determinação de causas de morte, casos de envenenamento, uso de drogas ilícitas ou intoxicação acidental, contribuindo diretamente para a busca da verdade científica e judicial (KARCH, 2018).

Segundo Cunha e Lima (2017), a toxicologia forense requer rigor metodológico em todas as etapas do processo pericial. A coleta, o transporte, a conservação e a análise das amostras devem seguir protocolos padronizados que assegurem a rastreabilidade e a integridade da cadeia de custódia. As matrizes biológicas mais comumente utilizadas incluem sangue, urina, cabelo, fígado e humor vítreo, sendo cada uma selecionada conforme o tipo de substância investigada e o tempo decorrido desde a exposição.

Segundo Santos (2020), a relevância da toxicologia forense está em sua capacidade de transformar dados laboratoriais em provas científicas, permitindo que informações químicas e biológicas sejam interpretadas com valor jurídico. O laudo toxicológico é um documento técnico que integra o processo judicial e pode esclarecer se uma substância esteve envolvida em um evento criminoso. Essa contribuição é indispensável para o esclarecimento de fatos, a responsabilização de agentes e a aplicação justa da lei.

Segundo Fujita, Oba e Sugaya (2023), os avanços tecnológicos ampliaram significativamente o alcance da toxicologia forense. Os métodos como a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), a cromatografia gasosa (GC) e a espectrometria de massas (MS) revolucionaram a análise toxicológica, permitindo a identificação de substâncias em quantidades ínfimas e com alta precisão. Essas técnicas são particularmente importantes para a detecção de opioides sintéticos, como o fentanil, cuja potência exige métodos de alta sensibilidade e especificidade para evitar falsos resultados.

A aplicação de imunoensaios na triagem toxicológica tornou-se um recurso amplamente utilizado para detecção preliminar de substâncias químicas. Entretanto, esses testes apresentam limitações em relação à especificidade, podendo resultar em falsos positivos ou negativos, razão pela qual devem sempre ser confirmados por métodos instrumentais mais robustos, como a LC-MS/MS. Essa combinação entre triagem e confirmação é o padrão ouro na toxicologia forense moderna, garantindo confiabilidade e validade científica aos resultados (HAN *et al.*, 2019).

A toxicologia forense contemporânea expandiu seu escopo de atuação. Atualmente, além de drogas ilícitas, investiga medicamentos controlados, pesticidas, metais pesados e novas substâncias psicoativas que surgem constantemente no mercado. Essa ampliação reflete o dinamismo da ciência e a necessidade de atualização constante dos laboratórios forenses, que enfrentam desafios crescentes no rastreamento de compostos emergentes (BUSARDO *et al.*, 2018).

Segundo Costa (2022), o trabalho do profissional de toxicologia forense exige elevado nível de competência técnica e ética. A precisão metodológica, o sigilo e a imparcialidade são indispensáveis, pois qualquer erro analítico pode comprometer o valor jurídico de uma prova. O farmacêutico, como especialista em química e toxicologia, desempenha papel central nesse contexto, atuando tanto na execução

das análises quanto na interpretação dos resultados e elaboração dos laudos periciais.

Segundo Silva e Prado (2021), além de seu papel investigativo, a toxicologia forense tem função educativa e preventiva, pois contribui para a conscientização sobre o uso seguro de medicamentos e substâncias químicas. Os estudos toxicológicos auxiliam na formulação de políticas públicas de controle, no treinamento de profissionais e na difusão de informações que fortalecem a cultura de segurança química e farmacêutica. Essa dimensão preventiva amplia o impacto social da toxicologia, tornando-a essencial à saúde pública.

A toxicologia e sua vertente forense representam áreas fundamentais para a promoção da justiça e da segurança sanitária. Ao aplicar métodos científicos na investigação de substâncias tóxicas, essas ciências garantem a credibilidade das provas, fortalecem o sistema jurídico e promovem a proteção da vida humana e do meio ambiente. Dessa forma, consolidam-se como pilares indispensáveis da ciência moderna e do exercício ético da justiça (HODGSON, 2020).

2.2 PERÍCIA CRIMINAL E INTERFACES COM AS CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

A perícia criminal é uma atividade técnico-científica voltada à elucidação de fatos de interesse judicial, fundamentada na análise de vestígios e na produção de provas materiais. A perícia tem como principal objetivo fornecer subsídios técnicos que auxiliem na descoberta da verdade, garantindo que decisões judiciais sejam baseadas em evidências concretas. O perito criminal, nesse contexto, atua como mediador entre o conhecimento científico e o sistema jurídico, aplicando métodos experimentais e laboratoriais que conferem objetividade às investigações. Essa atuação é indispensável à justiça, pois transforma indícios físicos em provas técnicas de alto valor jurídico (OLIVEIRA, 2021).

De acordo com Ferreira e Souza (2019), a perícia é regida pelos princípios da legalidade, imparcialidade e rigor técnico, sendo norteadada pela busca da verdade real. O perito deve atuar com neutralidade, observando protocolos padronizados que assegurem a integridade das provas. O trabalho pericial exige precisão metodológica e conhecimento multidisciplinar, já que as evidências podem envolver áreas diversas, como biologia, química, física, medicina, engenharia e farmácia. Assim, a perícia criminal representa uma das formas mais importantes de aplicação prática da ciência no contexto social e jurídico, sendo peça-chave na garantia da justiça.

A atuação do perito criminal está regulamentada por normas legais que definem suas competências e responsabilidades. O perito é o profissional legalmente habilitado para examinar e interpretar vestígios materiais, devendo basear suas conclusões em métodos científicos reconhecidos. O Código de Processo Penal brasileiro, em seus artigos 158 a 184, determina que o exame pericial é obrigatório sempre que o fato deixar vestígios, conferindo à perícia o status de prova indispensável à investigação criminal. Dessa forma, a ciência pericial assume papel central no processo penal contemporâneo (SILVA, 2020).

De acordo com Duarte e Lima (2022), a perícia criminal moderna é resultado da evolução das ciências naturais e da consolidação de técnicas laboratoriais que permitem análises cada vez mais precisas. O desenvolvimento da química analítica, da biologia molecular e da toxicologia possibilitou a identificação de substâncias em níveis traços, ampliando o alcance das investigações. Essa modernização também incorporou recursos de informática, fotografia forense, análise digital e sistemas automatizados, tornando o trabalho pericial mais confiável e célere.

Segundo Costa (2022), a interface entre a perícia criminal e as ciências farmacêuticas decorre da necessidade de analisar substâncias químicas, medicamentos e compostos biológicos encontrados em locais de crime ou em vítimas de intoxicação. O farmacêutico, ao dominar áreas como farmacologia, química e toxicologia, está plenamente capacitado para atuar em perícias que envolvem agentes químicos, fármacos e drogas de abuso.

O papel das ciências farmacêuticas nas investigações periciais é de natureza essencialmente analítica. Ferreira (2018) destaca que a química farmacêutica fornece métodos de separação e identificação de compostos, enquanto a farmacologia explica os mecanismos de ação das substâncias no organismo. Já a toxicologia, em sua vertente forense, permite determinar se a exposição a determinado agente foi acidental, intencional ou criminosa. A integração dessas áreas confere à perícia criminal uma base científica sólida para a interpretação dos achados laboratoriais.

Segundo Melo (2021), o farmacêutico forense contribui diretamente para o exame e interpretação de substâncias psicoativas, medicamentos controlados e drogas ilícitas. Sua expertise é indispensável em casos que envolvem intoxicações, overdoses, falsificação de medicamentos e tráfico de substâncias químicas. O profissional analisa amostras biológicas, realiza ensaios laboratoriais e elabora laudos técnicos que auxiliam na determinação da causa de morte ou da natureza da

substância encontrada em uma cena de crime. Essa atuação é reconhecida em diversos países como parte fundamental do sistema pericial.

A participação do farmacêutico em investigações criminais requer conhecimento sobre legislação sanitária e controle de substâncias. O domínio das normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e das listas de controle da Portaria nº 344/1998 é essencial para classificar as substâncias analisadas e definir sua legalidade. Isso é particularmente relevante em casos que envolvem opioides, como o fentanil, cuja manipulação e prescrição exigem rigoroso controle por se tratar de medicamento de uso restrito e alto potencial de dependência (SILVEIRA, 2020).

Segundo Borges e Almeida (2019), a perícia farmacêutica também se aplica à verificação de adulterações em medicamentos, falsificações e fraudes industriais. O profissional utiliza métodos físico-químicos e espectroscópicos para determinar a autenticidade dos produtos, identificando alterações em formulações e desvios de qualidade. Essa atuação é essencial para proteger a saúde pública e garantir que apenas medicamentos seguros e eficazes cheguem ao consumidor final. Além disso, os resultados desses exames podem subsidiar investigações criminais de grande impacto econômico e social.

As ciências farmacêuticas oferecem suporte técnico à perícia criminal não apenas na identificação de substâncias, mas também na interpretação de seus efeitos sobre o corpo humano. Segundo Souza (2021), a farmacologia fornece o arcabouço teórico necessário para compreender como as drogas interagem com receptores celulares e sistemas orgânicos, possibilitando correlacionar os achados laboratoriais com os sintomas clínicos observados em vítimas de intoxicação. Essa integração entre a ciência farmacêutica e a toxicologia forense aprimora a precisão dos laudos periciais e aumenta a credibilidade das conclusões técnicas.

De acordo com Busardo *et al.*, (2018) o desenvolvimento de novas drogas sintéticas e de análogos químicos apresenta desafios crescentes à perícia farmacêutica. As substâncias como o fentanil e seus derivados surgem constantemente no mercado ilícito, dificultando sua detecção pelos métodos convencionais. Por isso, é fundamental que o farmacêutico perito se mantenha atualizado sobre as novas tendências químicas e utilize técnicas analíticas avançadas, como a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS) e a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

Segundo Coutinho (2020), a interdisciplinaridade é um dos pilares da perícia moderna, e as ciências farmacêuticas representam um elo estratégico nesse processo. A colaboração entre farmacêuticos, médicos legistas, biólogos e químicos assegura a completude das análises e a interpretação adequada dos resultados. A perícia criminal, ao adotar essa abordagem multidisciplinar, fortalece sua função de esclarecer a verdade dos fatos com base em evidências científicas robustas e inquestionáveis.

A produção de laudos técnicos é uma das principais atribuições do farmacêutico no âmbito pericial. Esses documentos devem apresentar resultados claros, métodos utilizados e interpretação fundamentada. O laudo toxicológico ou farmacêutico deve ser redigido de forma objetiva e técnica, respeitando critérios de imparcialidade e transparência. A precisão e o embasamento científico do laudo são determinantes para que ele tenha validade jurídica e seja aceito como prova em processos criminais e administrativos (COSTA, 2022).

Além da função investigativa, a interface entre a perícia criminal e as ciências farmacêuticas contribui para o avanço do conhecimento científico. As análises desenvolvidas em laboratórios forenses frequentemente originam estudos sobre novos compostos, métodos de detecção e efeitos tóxicos, ampliando o campo da farmacologia e da toxicologia. Essa retroalimentação entre prática pericial e pesquisa científica reforça o papel social e acadêmico do farmacêutico forense (DUARTE; LIMA, 2022).

Segundo Oliveira (2021), a perícia criminal e as ciências farmacêuticas compartilham a missão de promover a verdade técnica e a justiça social. O conhecimento farmacêutico aplicado à perícia confere precisão às investigações e confiabilidade às provas científicas. A união entre ciência e direito fortalece a credibilidade do sistema de justiça e evidencia a relevância do farmacêutico como agente essencial na elucidação de crimes que envolvem substâncias químicas e medicamentos.

2.3 O FARMACÊUTICO FORENSE: ATRIBUIÇÕES E ÁREAS DE ATUAÇÃO

O farmacêutico forense é o profissional que aplica os conhecimentos adquiridos nas ciências farmacêuticas, especialmente farmacologia, química e toxicologia no contexto legal e investigativo. Posto isso, sua principal atribuição consiste em analisar substâncias químicas e biológicas envolvidas em crimes, envenenamentos,

intoxicações, falsificações e casos suspeitos de overdose. O profissional atua na interface entre a ciência e o direito, transformando dados laboratoriais em informações periciais que auxiliam o sistema judicial. Essa atuação demanda profundo domínio técnico e responsabilidade ética, pois seus resultados podem determinar o rumo de investigações e decisões judiciais (DORTA *et al.*, 2018).

De acordo com Costa (2022), as atribuições do farmacêutico forense vão muito além da simples identificação de substâncias. Elas englobam a coleta de amostras, o preparo e o manuseio de reagentes, a interpretação de resultados analíticos e a elaboração de laudos técnicos detalhados. Esse profissional deve seguir rigorosos protocolos de qualidade e segurança, preservando a integridade das amostras e garantindo a rastreabilidade de todos os procedimentos realizados. A precisão analítica e a confiabilidade dos resultados são fundamentais para que as provas periciais possuam validade jurídica.

O papel do farmacêutico na perícia criminal está regulamentado por legislações específicas e pelo Código de Ética da Profissão Farmacêutica. Segundo Conselho Federal de Farmácia – CFF (2021), o farmacêutico deve exercer suas funções com imparcialidade, sigilo profissional e compromisso com a verdade científica. Essa postura é indispensável em contextos judiciais, nos quais qualquer erro técnico ou interpretação equivocada pode comprometer a credibilidade das evidências e afetar o julgamento de um caso.

De acordo com Melo (2021), a atuação do farmacêutico forense ocorre tanto em laboratórios de toxicologia quanto em institutos de criminalística, universidades, hospitais e órgãos de vigilância sanitária. Ele pode exercer funções públicas como perito oficial ou atuar de forma autônoma como perito judicial nomeado. Em ambos os casos, sua missão é fornecer pareceres técnicos e científicos que auxiliem juízes, promotores e advogados na compreensão dos aspectos farmacológicos e toxicológicos de determinado evento.

Segundo Silva (2020), o farmacêutico forense deve dominar técnicas analíticas de alta complexidade, como cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS) e espectrofotometria, entre outras. Essas ferramentas permitem identificar e quantificar substâncias em amostras biológicas com elevado grau de precisão. A habilidade em selecionar e validar metodologias adequadas é essencial para garantir resultados tecnicamente robustos e juridicamente confiáveis.

Além das análises instrumentais, o farmacêutico forense também deve conhecer metodologias de triagem, como imunoensaios e testes colorimétricos, frequentemente empregados para a detecção preliminar de drogas ou medicamentos. Esses métodos são úteis para uma análise inicial, mas exigem confirmação por técnicas de maior especificidade. O domínio desses recursos é indispensável para garantir rapidez na identificação de substâncias e eficiência na condução de investigações complexas (HAN *et al.*, 2019).

Segundo Oliveira (2022), o farmacêutico forense tem papel essencial na investigação de casos que envolvem envenenamentos, suicídios, homicídios por intoxicação e uso de substâncias ilícitas. Nessas situações, ele é responsável por analisar fluidos corporais, tecidos e resíduos ambientais, interpretando a presença e a concentração de substâncias químicas para estabelecer uma possível relação causal com o evento investigado. Essa interpretação requer não apenas conhecimento técnico, mas também raciocínio clínico e compreensão das interações bioquímicas no organismo humano.

De acordo com Souza e Prado (2021), a atuação do farmacêutico forense também abrange a identificação de medicamentos falsificados, adulterados ou desviados do mercado legal. A falsificação de medicamentos é considerada um crime grave, pois representa risco direto à saúde pública. O farmacêutico, utilizando técnicas de análise físico-química e espectroscópica, consegue verificar a autenticidade de princípios ativos, impurezas e excipientes, contribuindo para o combate ao comércio ilegal e à proteção do consumidor.

A área de toxicologia forense constitui uma das principais frentes de atuação do farmacêutico perito. O profissional é responsável por realizar análises toxicológicas que auxiliam na determinação da causa mortis, na confirmação de envenenamentos e na avaliação de casos de abuso de substâncias controladas. O domínio da farmacocinética e da farmacodinâmica é essencial para interpretar corretamente as concentrações de substâncias encontradas e suas possíveis implicações clínicas e legais (HODGSON, 2020).

Conforme Ferreira e Souza (2019), o farmacêutico forense também participa da elaboração de protocolos laboratoriais, da validação de métodos e do controle de qualidade interno. Esses processos asseguram a confiabilidade das análises e padronizam procedimentos entre diferentes instituições. Além disso, o profissional pode atuar como consultor técnico em casos que envolvem litígios sanitários,

vigilância de medicamentos e responsabilidade civil por intoxicação ou erro de prescrição

Segundo Duarte e Lima (2022), o farmacêutico forense tem a função de garantir a integridade da cadeia de custódia, assegurando que as amostras analisadas correspondam fielmente ao material coletado durante a investigação. Essa etapa é decisiva para a validade jurídica do exame pericial, pois qualquer falha na documentação ou no armazenamento pode comprometer todo o processo. A atuação ética e meticulosa do farmacêutico é, portanto, indispensável à credibilidade das provas.

Além da atuação prática, o farmacêutico forense contribui para o avanço científico da área por meio de pesquisas e publicações. Sendo assim, muitos profissionais desenvolvem estudos sobre novos métodos de detecção, validação de técnicas analíticas e monitoramento de substâncias emergentes, como os opioides sintéticos. Esse envolvimento acadêmico fortalece a base teórica da toxicologia forense e amplia a capacidade do sistema pericial de responder a desafios contemporâneos (COSTA, 2022).

Segundo Silveira (2020), a formação do farmacêutico forense deve ser contínua, envolvendo cursos de especialização, capacitações e participação em congressos científicos. O avanço tecnológico e o surgimento constante de novas substâncias exigem atualização permanente para que o profissional mantenha sua atuação eficiente e em conformidade com os padrões internacionais. Essa busca por aprimoramento também reflete o compromisso ético do farmacêutico com a excelência científica e com a sociedade.

De acordo com Cunha e Lima (2017), o trabalho interdisciplinar é outra característica fundamental da perícia farmacêutica. O farmacêutico atua em conjunto com médicos legistas, químicos, biólogos e engenheiros, compondo equipes multidisciplinares que compartilham conhecimentos para a solução de casos complexos. Essa integração entre diferentes campos do saber amplia a qualidade das análises e promove uma visão holística sobre os fenômenos investigados.

O farmacêutico forense é um agente essencial na consolidação da perícia científica moderna. Sua atuação combina rigor técnico, ética profissional e compromisso com a verdade, características indispensáveis em um campo que lida diretamente com a liberdade e a vida humana. O farmacêutico forense traduz os dados científicos em informações compreensíveis ao sistema judicial, fortalecendo a

confiabilidade das decisões e reafirmando o papel da ciência como instrumento de justiça e de proteção à sociedade (MELO, 2021).

2.4 CARACTERÍSTICAS FARMACOLÓGICAS E TOXICOLÓGICAS DO FENTANIL

O fentanil é um opioide sintético pertencente à classe das fenilpiperidinas, desenvolvido inicialmente na década de 1960 com finalidade anestésica e analgésica. Segundo Lima (2022), essa substância apresenta potência analgésica cerca de 50 a 100 vezes superior à da morfina, devido à sua elevada afinidade pelos receptores μ -opioides localizados no sistema nervoso central. Sua formulação química altamente lipossolúvel permite rápida penetração na barreira hematoencefálica, promovendo efeito quase imediato após a administração. Por essa razão, o fentanil é amplamente utilizado em procedimentos cirúrgicos e terapias de dor intensa, exigindo monitoramento rigoroso e dosagem precisa.

A estrutura química do fentanil confere características que favorecem sua absorção e distribuição no organismo. Trata-se de um composto que apresenta núcleo aromático e grupos amina e amida, responsáveis pela sua afinidade com receptores opioides. Sua elevada lipossolubilidade facilita a passagem através de membranas biológicas, acelerando a absorção por vias intravenosa, transdérmica e transmucosa. Essa propriedade explica a rápida ação analgésica, mas também contribui para o alto risco de toxicidade quando utilizado de forma inadequada ou sem prescrição médica (STANLEY, 2019; VOLKOW; BLANCO, 2021).

Segundo Klaassen (2022), o mecanismo de ação do fentanil baseia-se na ativação seletiva dos receptores μ -opioides, o que inibe a liberação de neurotransmissores excitatórios, como a substância P e o glutamato. Essa inibição reduz a condução dos impulsos dolorosos e promove analgesia profunda. Contudo, o mesmo processo também deprime o centro respiratório localizado no bulbo, podendo causar insuficiência respiratória, bradicardia e até parada cardiorrespiratória em casos de superdosagem. Assim, o equilíbrio entre eficácia terapêutica e segurança é extremamente estreito.

A farmacocinética do fentanil envolve absorção rápida, metabolismo hepático e eliminação predominantemente renal. Sendo assim, após a administração intravenosa, o fármaco atinge concentração plasmática máxima em poucos minutos, sendo metabolizado no fígado pela enzima citocromo P450 3A4 (CYP3A4). Os metabólitos resultantes, principalmente a norfentanila, são excretados na urina. O

tempo de meia-vida plasmática varia entre 3 e 12 horas, dependendo da via de administração, da dose e do estado clínico do paciente (SILVA, 2019).

De acordo com Hodgson (2020), a farmacodinâmica do fentanil é caracterizada por sua capacidade de suprimir a percepção da dor, induzir euforia e alterar o humor. Essas propriedades explicam seu uso terapêutico controlado, mas também seu potencial de abuso. O fentanil estimula o sistema de recompensa cerebral, aumentando a liberação de dopamina no núcleo accumbens, mecanismo semelhante ao observado em outras drogas de dependência, como heroína e morfina. Essa ação reforça o comportamento de busca pela substância e pode levar rapidamente à dependência física e psicológica.

Os efeitos terapêuticos do fentanil são amplamente explorados em contextos hospitalares. O medicamento é utilizado como anestésico em cirurgias, no controle da dor em pacientes oncológicos e em cuidados paliativos. Entretanto, devido à sua potência, pequenas variações na dose podem resultar em eventos adversos graves. Por isso, a administração é restrita a ambientes monitorados e profissionais habilitados. A margem terapêutica reduzida torna o fentanil uma das substâncias mais críticas no manejo da dor (COSTA, 2022).

O perfil toxicológico do fentanil reflete sua estreita faixa terapêutica e o alto risco de overdose. De acordo com Tabarra (2018), doses acima de 2 mg podem ser fatais, especialmente quando associadas a depressores do sistema nervoso central, como benzodiazepínicos e álcool. Os principais sinais clínicos de intoxicação incluem miose acentuada, sonolência profunda, bradipneia, hipotensão e parada respiratória. A reversão desses efeitos requer a administração imediata de naloxona, antagonista opioide competitivo, acompanhada de suporte ventilatório.

Segundo Oliveira (2022), a toxicidade do fentanil decorre não apenas de sua potência, mas também da variabilidade interindividual de resposta. Fatores genéticos, hepáticos e metabólicos influenciam a velocidade de biotransformação e eliminação da substância, podendo levar a acúmulo e toxicidade mesmo em doses terapêuticas. Pacientes com insuficiência hepática ou renal apresentam maior risco de depressão respiratória, exigindo ajustes individualizados de dose e monitoramento constante.

Segundo Zanelatto e Laranjeira (2018), além da toxicidade aguda, o fentanil está associado à tolerância e à dependência crônica, visto que, o uso prolongado provoca adaptação neuroquímica, reduzindo a resposta aos efeitos analgésicos e exigindo doses progressivamente maiores para alcançar o mesmo alívio da dor. Esse

processo aumenta o risco de overdose e favorece a instalação de síndrome de abstinência quando o uso é interrompido abruptamente, caracterizada por agitação, sudorese, náuseas e dor generalizada.

A disseminação ilícita do fentanil tem se tornado um grave problema de saúde pública mundial. A substância é frequentemente utilizada para potencializar outras drogas, como cocaína e heroína, aumentando drasticamente o risco de morte por overdose. Nos Estados Unidos, Canadá e Europa, milhares de óbitos anuais estão relacionados à ingestão acidental de fentanil ou de seus análogos sintéticos. No Brasil, casos isolados já despertam alerta para a necessidade de vigilância e controle rigoroso (O'DONNELL *et al.*, 2023).

Segundo Fujita, Oba e Sugaya (2023), os análogos sintéticos do fentanil, como o carfentanil e o alfentanil, apresentam potência ainda maior, chegando a ser centenas de vezes superior à morfina. Esses compostos são produzidos de forma clandestina, sem controle de pureza, e frequentemente misturados a outras substâncias psicoativas. A identificação desses derivados requer métodos analíticos de alta sensibilidade, como cromatografia gasosa e espectrometria de massas, uma vez que pequenas quantidades são suficientes para causar intoxicações fatais.

De acordo com Han *et al.*, (2019), o diagnóstico toxicológico de fentanil envolve a detecção e quantificação da substância em matrizes biológicas como sangue, urina, cabelo e humor vítreo. A escolha da matriz depende do tempo decorrido entre a exposição e a coleta da amostra. Em casos de morte suspeita, a análise conjunta de múltiplas amostras aumenta a precisão dos resultados e permite estabelecer o nexo causal entre a presença do fentanil e o óbito.

Segundo Melo (2021), a atuação do farmacêutico forense é indispensável nos casos de intoxicação por fentanil, especialmente na interpretação dos laudos laboratoriais. O profissional deve correlacionar as concentrações detectadas com os efeitos clínicos descritos, considerando fatores como via de administração, tempo de exposição e condições fisiológicas da vítima. Essa análise criteriosa contribui para determinar se a morte foi acidental, suicida ou criminosa, fortalecendo a credibilidade das investigações.

As características farmacológicas do fentanil também explicam sua complexidade na detecção laboratorial. Posto isso, a substância pode se ligar fortemente às proteínas plasmáticas, dificultando sua extração e quantificação. Além disso, apresenta rápida redistribuição tecidual, o que requer técnicas avançadas de

amostragem e preparo. A precisão analítica e o conhecimento especializado são indispensáveis para evitar falsos negativos e garantir resultados válidos (COSTA, 2022).

Sendo assim, o fentanil representa um dos opioides mais potentes e desafiadores da atualidade, tanto sob a perspectiva farmacológica quanto toxicológica. Segundo Hodgson (2020), seu uso terapêutico exige controle estrito e responsabilidade técnica, enquanto seu abuso constitui ameaça crescente à saúde pública e à segurança global. O estudo detalhado de suas propriedades químicas, farmacodinâmicas e toxicológicas é fundamental para compreender seus riscos e para subsidiar políticas de prevenção, vigilância e combate ao uso indevido.

2.5 USO INDEVIDO, ABUSO E IMPLICAÇÕES CRIMINAIS DO FENTANIL

O fentanil é um opioide sintético de elevada potência farmacológica amplamente utilizado na medicina moderna, especialmente em contextos hospitalares para o manejo da dor intensa e em procedimentos anestésicos. Desenvolvido originalmente na década de 1960, o fármaco apresenta rápida ação analgésica e elevada afinidade pelos receptores μ -opioides do sistema nervoso central, características que contribuem para sua eficácia terapêutica. No entanto, essas mesmas propriedades também estão associadas a um alto potencial de uso indevido e abuso, principalmente quando a substância é utilizada fora de ambientes médicos controlados (STANLEY, 2019).

A elevada potência do fentanil representa um dos principais fatores relacionados ao risco de intoxicação e overdose. Estudos indicam que o fármaco pode apresentar potência analgésica aproximadamente 50 a 100 vezes superior à da morfina, dependendo da via de administração e da formulação utilizada. Essa característica faz com que pequenas variações na dose administrada possam resultar em efeitos adversos graves, incluindo depressão respiratória potencialmente fatal (VOLKOW; COLLINS, 2017).

Nos últimos anos, o uso indevido de opioides sintéticos tem se tornado um problema significativo de saúde pública em diversos países. A crescente disponibilidade dessas substâncias, associada à facilidade de síntese química e à distribuição ilegal, contribuiu para o aumento expressivo de casos de intoxicação e morte relacionados ao consumo de opioides potentes. Nesse contexto, o fentanil e seus derivados passaram a desempenhar papel central na chamada “crise dos

opioides”, fenômeno amplamente documentado na literatura científica internacional (O'DONNELL *et al.*, 2023; VOLKOW; BLANCO, 2021).

O problema tornou-se ainda mais complexo com o surgimento de diversos análogos sintéticos do fentanil, muitos deles produzidos de forma clandestina em laboratórios ilegais. Essas substâncias apresentam pequenas alterações estruturais na molécula original, podendo resultar em compostos com potência farmacológica ainda maior do que a do próprio fentanil. A presença desses análogos no mercado ilícito representa um desafio significativo para os sistemas de saúde e para os órgãos responsáveis pela vigilância sanitária e toxicológica (ARMENIAN *et al.*, 2018).

Outro fator que contribui para o aumento dos riscos associados ao fentanil é sua frequente associação com outras substâncias psicoativas. Em muitos casos, o fármaco é misturado a drogas como heroína, cocaína ou metanfetamina, muitas vezes sem o conhecimento do usuário. Essa prática aumenta significativamente o risco de intoxicação aguda e overdose, uma vez que o indivíduo pode consumir doses potencialmente letais sem ter consciência da presença do opioide na substância utilizada (O'DONNELL; HALPIN; MATTSON, 2017).

Além das implicações relacionadas à saúde pública, o uso ilícito de fentanil também apresenta importantes repercussões no campo jurídico e criminal. A produção, distribuição e comercialização ilegal dessa substância estão frequentemente associadas a organizações criminosas envolvidas no tráfico de drogas sintéticas. A elevada potência do fármaco permite o transporte de pequenas quantidades com grande valor comercial, o que aumenta sua atratividade no mercado ilícito (SCHOLL *et al.*, 2019).

No contexto da segurança pública, o monitoramento do comércio ilegal de opioides sintéticos tornou-se prioridade para diversas agências internacionais. Organizações como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime (UNODC) têm alertado para o crescimento da circulação dessas substâncias e para os desafios relacionados ao seu controle. A rápida disseminação de novos análogos dificulta a atualização das listas de substâncias controladas e exige constante revisão das políticas regulatórias (WHO, 2019).

Outro aspecto relevante refere-se às dificuldades enfrentadas pelos sistemas de saúde na identificação e no manejo de casos de intoxicação por fentanil. Devido à sua elevada potência e rápida ação no sistema nervoso central, o fármaco pode

provocar depressão respiratória severa em curto intervalo de tempo, exigindo intervenções médicas imediatas. A administração de antagonistas opioides, como a naloxona, constitui uma das principais estratégias terapêuticas para reverter os efeitos da overdose, embora nem sempre seja suficiente em casos envolvendo doses elevadas ou análogos extremamente potentes (MOSS *et al.*, 2018).

Além dos impactos clínicos imediatos, o uso indevido de opioides sintéticos também pode gerar consequências sociais e econômicas significativas. O aumento de internações hospitalares, atendimentos de emergência e mortes relacionadas a essas substâncias impõe grande pressão sobre os sistemas de saúde pública. Segundo dados epidemiológicos internacionais, os custos associados ao tratamento de dependência química e às complicações médicas decorrentes do uso de opioides representam um importante desafio para a gestão de políticas de saúde (SCHOLL *et al.*, 2019).

Do ponto de vista toxicológico, o fentanil apresenta características que dificultam sua detecção em análises laboratoriais convencionais. A substância pode estar presente em concentrações extremamente baixas em amostras biológicas, o que exige métodos analíticos altamente sensíveis para sua identificação. Além disso, a presença de múltiplos análogos sintéticos amplia a complexidade das análises toxicológicas, exigindo constante atualização dos métodos laboratoriais utilizados (MOORE *et al.*, 2018).

A expansão do mercado ilícito de opioides sintéticos também tem impulsionado o desenvolvimento de novas estratégias de monitoramento e vigilância toxicológica. Diversos países têm investido em sistemas de alerta precoce capazes de identificar rapidamente novas substâncias psicoativas que surgem no mercado ilegal. Esses sistemas permitem a coleta e análise de dados laboratoriais e epidemiológicos, contribuindo para a implementação de medidas preventivas e regulatórias (TAYLOR *et al.*, 2017).

No Brasil, embora a circulação de fentanil ilícito ainda seja menos expressiva quando comparada à observada em países da América do Norte, especialistas alertam para a possibilidade de expansão desse mercado no futuro. A experiência internacional demonstra que a disseminação de opioides sintéticos pode ocorrer de forma rápida e imprevisível, especialmente em contextos marcados por fragilidades nos sistemas de controle e vigilância sanitária (BASTOS *et al.*, 2017).

Nesse cenário, torna-se fundamental ampliar o conhecimento científico sobre os riscos associados ao uso indevido de opioides sintéticos. A produção de evidências científicas sobre os padrões de consumo, os efeitos toxicológicos e os impactos sociais dessas substâncias contribuem para orientar políticas públicas e estratégias de prevenção mais eficazes. A integração entre pesquisa científica, vigilância epidemiológica e atuação das autoridades de saúde pública é essencial para enfrentar os desafios relacionados ao uso indevido de fentanil (DANIULAITYTE *et al.*, 2019).

Outro elemento importante refere-se ao papel das instituições reguladoras no controle da circulação de opioides sintéticos. A implementação de políticas de prescrição controlada, sistemas de monitoramento de medicamentos e programas de educação em saúde tem sido apontada como estratégia relevante para reduzir o risco de abuso dessas substâncias. Medidas voltadas à conscientização de profissionais de saúde e da população também são fundamentais para prevenir o uso inadequado de opioides (MOORE *et al.*, 2018).

2.6 CONTRIBUIÇÃO DO FARMACÊUTICO NA INVESTIGAÇÃO DE CRIMES ENVOLVENDO FENTANIL

A atuação do farmacêutico no campo da toxicologia forense tem se consolidado como elemento essencial na investigação de crimes envolvendo substâncias químicas e medicamentos controlados. Esse profissional possui formação científica que integra conhecimentos de farmacologia, toxicologia, química analítica e bioquímica, o que o habilita a participar de diferentes etapas da investigação pericial. No contexto de substâncias opioides sintéticas, como o fentanil, a participação do farmacêutico torna-se especialmente relevante devido à complexidade das análises laboratoriais necessárias para a identificação dessas moléculas (KARCH, 2017).

A toxicologia forense constitui uma área interdisciplinar que busca identificar e interpretar a presença de substâncias químicas em amostras biológicas ou materiais coletados em investigações criminais. Nesse contexto, o farmacêutico pode atuar na análise de amostras provenientes de diferentes matrizes biológicas, como sangue, urina, cabelo e tecidos, com o objetivo de determinar a presença de substâncias potencialmente relacionadas ao evento investigado. Essa atuação exige domínio de técnicas analíticas avançadas e interpretação criteriosa dos resultados laboratoriais (POLETTINI; TRUJILLO, 2019).

A identificação de opioides sintéticos, como o fentanil, exige métodos laboratoriais altamente sensíveis e específicos. O farmacêutico que atua em laboratórios de toxicologia forense participa diretamente da aplicação e validação de técnicas analíticas utilizadas para detectar essas substâncias em amostras biológicas. Entre os métodos frequentemente empregados destacam-se técnicas cromatográficas acopladas à espectrometria de massas, que permitem identificar compostos presentes em concentrações extremamente baixas (PETERS; DRUMMER; MUSSHOF, 2018).

Além da execução das análises laboratoriais, o farmacêutico também desempenha papel importante na interpretação toxicológica dos resultados obtidos. A presença de determinada substância em uma amostra biológica não significa necessariamente que ela foi a causa direta do evento investigado. Dessa forma, o profissional deve avaliar fatores como concentração da substância, histórico clínico do indivíduo, interações medicamentosas e circunstâncias do caso para fornecer uma interpretação adequada dos achados laboratoriais (BUSARDO *et al.*, 2018).

No contexto da investigação criminal, a interpretação correta dos resultados toxicológicos pode contribuir de maneira significativa para o esclarecimento de diferentes tipos de ocorrências, incluindo mortes suspeitas, intoxicações acidentais, casos de envenenamento e crimes relacionados ao tráfico de drogas. A análise laboratorial conduzida por profissionais qualificados permite identificar substâncias envolvidas no evento e fornecer informações relevantes para a investigação policial e para o sistema de justiça (MADEIRA; COSTA, 2018).

A crescente circulação de opioides sintéticos no mercado ilícito também tem ampliado a importância da toxicologia forense nas investigações criminais. O fentanil e seus análogos apresentam elevada potência farmacológica e podem estar presentes em quantidades muito pequenas em amostras biológicas, o que exige métodos analíticos altamente sensíveis para sua detecção. Nesse cenário, o farmacêutico desempenha papel fundamental na aplicação de técnicas laboratoriais capazes de identificar essas substâncias com precisão (ELLIOTT; BRANDT, 2019).

Outro aspecto relevante da atuação do farmacêutico na área forense refere-se à elaboração de laudos periciais. Após a realização das análises laboratoriais e interpretação dos resultados, o profissional pode contribuir para a elaboração de documentos técnicos que descrevem os procedimentos realizados e os achados obtidos durante a investigação. Esses laudos podem ser utilizados como elementos

probatórios em processos judiciais, auxiliando na tomada de decisões por parte das autoridades competentes (BORTOLETTO; BOCHNER, 2017).

A atuação do farmacêutico também pode envolver colaboração com outros profissionais que participam das investigações forenses, como médicos legistas, peritos criminais e profissionais da área jurídica. Essa interação interdisciplinar é fundamental para a construção de uma análise completa do caso investigado, uma vez que diferentes áreas do conhecimento contribuem para a interpretação dos eventos relacionados ao uso ou exposição a substâncias químicas (CUNHA *et al.*, 2020).

No campo da toxicologia forense, a atualização constante do conhecimento científico é essencial para acompanhar o surgimento de novas substâncias psicoativas e análogos sintéticos que passam a circular no mercado ilícito. O farmacêutico que atua nessa área precisa manter-se atualizado quanto aos avanços das técnicas analíticas e às novas tendências relacionadas ao uso de drogas sintéticas. Esse processo de atualização contínua contribui para melhorar a capacidade de detecção e identificação dessas substâncias em análises laboratoriais (PETERS; DRUMMER; MUSSHOF, 2018).

Outro ponto importante refere-se à participação do farmacêutico em atividades de controle e monitoramento de substâncias sujeitas a controle especial. Em muitos países, incluindo o Brasil, medicamentos que contêm opioides estão sujeitos a regulamentações específicas que visam controlar sua prescrição, dispensação e distribuição. O farmacêutico pode atuar na implementação dessas medidas regulatórias, contribuindo para reduzir o risco de desvio dessas substâncias para uso ilícito (BRASIL, 2021).

Além das atividades laboratoriais e regulatórias, o farmacêutico também pode desempenhar papel relevante na produção de conhecimento científico sobre toxicologia e substâncias psicoativas. A realização de pesquisas relacionadas à detecção, identificação e efeitos toxicológicos de drogas sintéticas contribui para ampliar o entendimento científico sobre essas substâncias e apoiar o desenvolvimento de novas estratégias de prevenção e controle (ELLIOTT; BRANDT, 2019).

No contexto da saúde pública, a atuação do farmacêutico também pode contribuir para a identificação de padrões emergentes de uso de substâncias psicoativas. A análise de dados laboratoriais provenientes de investigações toxicológicas pode revelar tendências relacionadas ao consumo de determinadas

drogas, permitindo que autoridades sanitárias adotem medidas preventivas mais eficazes (CICCARONE, 2019).

A presença de opioides sintéticos em investigações criminais também exige que os profissionais envolvidos compreendam os riscos associados à manipulação dessas substâncias em ambiente laboratorial. O fentanil apresenta elevada potência e pode representar risco ocupacional para profissionais que lidam diretamente com amostras contaminadas. Nesse sentido, a adoção de protocolos de biossegurança adequados torna-se fundamental para garantir a segurança dos profissionais envolvidos nas análises (WHO, 2019).

Dessa forma, observa-se que a contribuição do farmacêutico na investigação de crimes envolvendo fentanil e outras substâncias psicoativas é ampla e multifacetada. Esse profissional pode atuar em diferentes etapas do processo investigativo, desde a análise laboratorial até a interpretação dos resultados e elaboração de laudos técnicos. A integração entre conhecimento farmacêutico, técnicas analíticas e investigação criminal constitui elemento essencial para o esclarecimento de casos envolvendo substâncias químicas (ELLIOTT; BRANDT, 2019).

2.7 INTERAÇÕES FARMACOLÓGICAS E TOXICOLÓGICAS DO FENTANIL

O fentanil é um opioide sintético altamente potente pertencente à classe dos agonistas dos receptores μ -opioides, amplamente utilizado na prática médica para o manejo da dor intensa e como agente anestésico em procedimentos cirúrgicos. Sua elevada lipossolubilidade permite rápida penetração no sistema nervoso central, resultando em início de ação rápido e potente efeito analgésico. No entanto, essas características também estão associadas a importantes riscos toxicológicos, especialmente quando a substância é utilizada de forma inadequada ou em combinação com outros fármacos que atuam no sistema nervoso central (BRUNTON; HILAL-DANDAN; KNOLLMANN, 2018)

As interações farmacológicas envolvendo o fentanil podem ocorrer por diferentes mecanismos, incluindo interações farmacodinâmicas e farmacocinéticas. As interações farmacodinâmicas estão relacionadas à ação conjunta de diferentes substâncias sobre os mesmos sistemas fisiológicos ou receptores celulares, podendo resultar em efeitos aditivos ou sinérgicos. No caso dos opioides, essas interações frequentemente envolvem outros depressores do sistema nervoso central, como

benzodiazepínicos, álcool e barbitúricos, aumentando significativamente o risco de depressão respiratória e sedação profunda (GOODMAN; GILMAN, 2018).

Entre as interações farmacodinâmicas mais relevantes associadas ao fentanil destaca-se sua combinação com benzodiazepínicos. Esses medicamentos são amplamente utilizados para o tratamento de ansiedade, insônia e distúrbios convulsivos, atuando como depressores do sistema nervoso central. Quando administrados concomitantemente com opioides potentes, podem potencializar os efeitos sedativos e depressivos sobre o centro respiratório, elevando o risco de eventos adversos graves e morte por overdose (PARK *et al.*, 2020).

Outra interação relevante ocorre entre o fentanil e o consumo de álcool. O etanol atua como depressor do sistema nervoso central e pode intensificar os efeitos sedativos dos opioides. A ingestão concomitante dessas substâncias pode provocar redução significativa da frequência respiratória, comprometimento da função cardiovascular e perda da consciência. Em situações extremas, essa interação pode levar à depressão respiratória fatal, especialmente em indivíduos com baixa tolerância aos opioides (BRUNTON; HILAL-DANDAN; KNOLLMANN, 2018).

Além das interações farmacodinâmicas, o fentanil também pode apresentar interações farmacocinéticas relacionadas ao metabolismo hepático. A substância é metabolizada principalmente pela enzima citocromo P450 3A4 (CYP3A4), presente no fígado e no intestino. Dessa forma, medicamentos que inibem ou induzem essa enzima podem alterar significativamente as concentrações plasmáticas do fentanil, modificando sua eficácia terapêutica ou aumentando o risco de toxicidade (KATZUNG, 2021).

Medicamentos que atuam como inibidores da enzima CYP3A4 podem reduzir o metabolismo do fentanil, resultando em aumento da concentração da substância no organismo. Entre os principais inibidores dessa enzima destacam-se alguns antifúngicos azólicos, antibióticos macrolídeos e certos antivirais utilizados no tratamento de infecções virais. A administração concomitante dessas substâncias pode prolongar a duração dos efeitos do fentanil e aumentar o risco de efeitos adversos graves (BRUNTON; HILAL-DANDAN; KNOLLMANN, 2018).

Por outro lado, medicamentos que induzem a atividade da enzima CYP3A4 podem acelerar o metabolismo do fentanil, reduzindo sua concentração plasmática e comprometendo sua eficácia analgésica. Entre os principais indutores dessa enzima estão alguns anticonvulsivantes e medicamentos utilizados no tratamento da

tuberculose. A presença dessas substâncias pode resultar em redução do efeito terapêutico do fentanil, exigindo ajustes de dose em contextos clínicos (KATZUNG, 2021).

Outro aspecto relevante relacionado às interações toxicológicas do fentanil refere-se à sua associação com outros opioides ou substâncias psicoativas presentes no mercado ilícito de drogas. Em muitos casos, o fentanil é utilizado como adulterante em drogas como heroína ou cocaína, aumentando significativamente o risco de intoxicação acidental entre usuários que desconhecem a presença da substância. Essa prática tem sido associada ao aumento de casos de overdose em diversos países (CICCARONE, 2017).

A presença de análogos sintéticos do fentanil também contribui para aumentar a complexidade das interações toxicológicas envolvendo essa substância. Compostos como carfentanil, sufentanil e alfentanil apresentam potência farmacológica ainda maior que a do fentanil, podendo provocar efeitos tóxicos graves mesmo em quantidades extremamente pequenas. A exposição inadvertida a esses compostos pode resultar em intoxicação aguda e depressão respiratória severa (STANLEY, 2019).

Além dos riscos associados ao uso recreativo ou ilícito, interações medicamentosas envolvendo fentanil também podem ocorrer em contextos clínicos. Pacientes que utilizam múltiplos medicamentos para tratamento de condições crônicas podem estar mais suscetíveis a interações farmacológicas que alterem o metabolismo ou os efeitos do fármaco. Dessa forma, a avaliação cuidadosa do histórico medicamentoso do paciente torna-se essencial para prevenir possíveis eventos adversos (GOODMAN; GILMAN, 2018).

No campo da toxicologia clínica, a identificação dessas interações é fundamental para o manejo adequado de casos de intoxicação por opioides. A avaliação da presença de outras substâncias no organismo pode auxiliar na compreensão dos mecanismos envolvidos na intoxicação e orientar a escolha das estratégias terapêuticas mais adequadas. A administração de antagonistas opioides, como a naloxona, constitui uma das principais intervenções utilizadas para reverter os efeitos da depressão respiratória induzida por opioides (KATZUNG, 2021).

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão de literatura de abordagem qualitativa e caráter exploratório, voltada para a análise das propriedades farmacológicas e toxicológicas do fentanil e para a compreensão da atuação do farmacêutico na perícia criminal.

A pesquisa qualitativa é uma abordagem que busca entender a complexidade das especificidades sociais, focando na perspectiva dos participantes e na interpretação dos significados que eles atribuem às suas experiências. Ao invés de se concentrar em números ou dados estatísticos, uma pesquisa qualitativa permite uma exploração mais rica e específica do comportamento humano, das interações e dos contextos culturais. Essa metodologia é especialmente útil em estudos exploratórios, cujo objetivo é captar nuances e dinâmicas que podem não ser evidentes em abordagens quantitativas. Através de entrevistas, grupos focais e observações, os pesquisadores qualitativos se esforçam para compreender as realidades subjetivas dos indivíduos (POUPART *et al.*, 2018).

A pesquisa exploratória é uma abordagem inicial que busca proporcionar maior familiaridade com o problema, permitindo o aprimoramento de ideias e a formulação de hipóteses para estudos posteriores. Esse tipo de pesquisa apresenta planejamento flexível e é especialmente indicado quando o tema ainda é pouco explorado ou quando se pretende obter uma visão mais ampla do fenômeno estudado (GIL, 2021; CRESWELL; CRESWELL, 2018).

A revisão da literatura constitui uma etapa fundamental da pesquisa científica, pois permite identificar o estado atual do conhecimento, lacunas existentes e fundamentar teoricamente o estudo. Além disso, contribui para a definição dos objetivos e para a escolha adequada dos procedimentos metodológicos (CRESWELL; CRESWELL, 2018).

3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Foram considerados elegíveis para esta revisão os estudos publicados em periódicos científicos indexados nas bases de dados PubMed e SciELO, no período compreendido entre 2017 a 2025, por representarem a produção científica mais atual sobre o tema. Incluíram-se artigos em português e inglês que abordassem, de forma direta, aspectos relacionados ao fentanil e seus análogos, incluindo suas propriedades

farmacológicas e toxicológicas, as interações com outras substâncias psicoativas e os impactos do uso indevido ou ilícito na saúde pública, com ênfase em dados epidemiológicos de mortalidade e incidência de intoxicações. Também foram priorizados trabalhos originais, revisões narrativas e estudos observacionais que apresentassem metodologias robustas e resultados relevantes.

Foram excluídos da amostra os relatórios institucionais (como documentos de organismos internacionais), dissertações, teses e demais produções que não apresentavam caráter científico com revisão por pares. Também foram desconsiderados estudos cujo enfoque não abordava especificamente o fentanil ou que tratavam de opioides de forma genérica sem detalhar as particularidades dessa substância. Excluíram-se ainda artigos repetidos, estudos com dados insuficientes e publicações que não apresentavam objetivos ou metodologias claramente definidos. Essa filtragem assegurou maior consistência metodológica e garantiu que a revisão contemplasse apenas evidências relevantes e diretamente relacionadas aos objetivos propostos.

3.3 COLETA DE DADOS E ANÁLISE

A coleta de dados foi realizada por meio de buscas sistemáticas nas bases de dados PubMed e SciELO, considerando sua ampla relevância para a área da saúde e abrangência de publicações nacionais e internacionais. Foram utilizados descritores controlados e não controlados em português e inglês de modo a ampliar a sensibilidade da busca e contemplar estudos diretamente relacionados aos objetivos da pesquisa. O período de publicação estabelecido foi de 2017 a 2025, priorizando artigos atuais que refletissem as tendências mais recentes sobre o uso, os riscos e os impactos do fentanil.

Após a etapa de busca, os estudos foram submetidos a um processo de triagem que envolveu a leitura de títulos, resumos e, posteriormente, do texto completo. Nessa fase, foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, o que resultou na seleção final de doze (12) artigos. Os dados extraídos de cada estudo foram organizados em um quadro síntese (Quadro 1), contendo informações referentes ao autor, ano de publicação, título, base de dados e objetivo principal. A análise foi conduzida de forma descritiva e comparativa, buscando identificar convergências, divergências e lacunas entre os resultados, de modo a permitir uma

interpretação crítica das evidências disponíveis e sua correlação com os objetivos específicos propostos nesta revisão.

O processo de seleção dos artigos ocorreu nas bases de dados PubMed e SciELO, com ênfase em publicações que abordassem o fentanil em suas dimensões farmacológica, toxicológica, epidemiológica e de saúde pública. Inicialmente, foram identificados 35 artigos, posteriormente foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão no qual selecionaram-se 12 artigos (Figura-1).

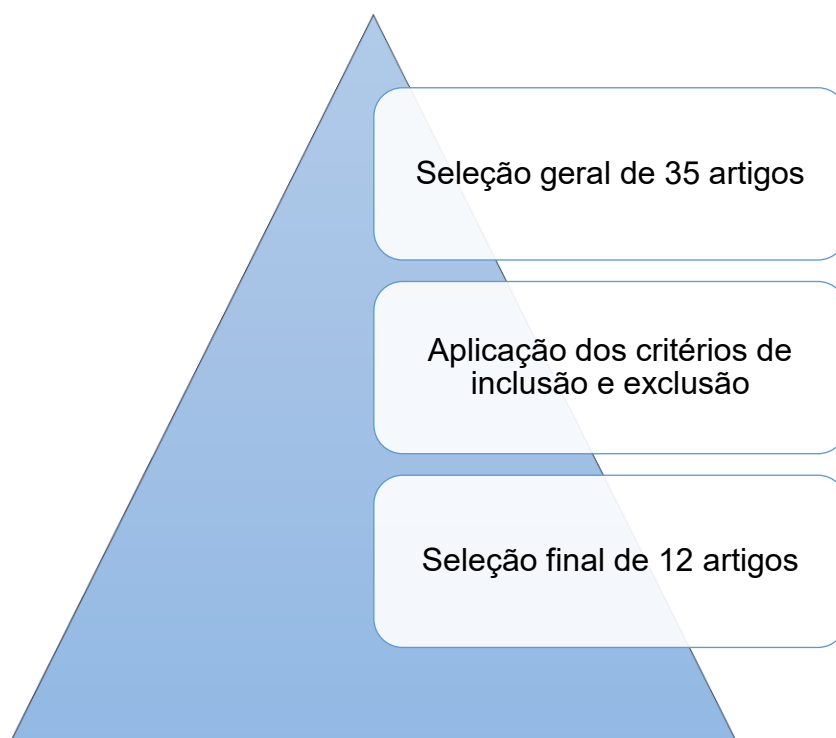


Figura 1- Fluxograma dos artigos selecionados. Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

3.4 RISCOS E BENEFÍCIOS

Por se tratar de uma revisão de literatura, este estudo não implicou riscos diretos aos pesquisadores nem envolveu a participação de seres humanos ou animais, estando, portanto, isento de procedimentos que possam causar danos físicos, psicológicos ou sociais. Os principais riscos associados ao desenvolvimento da pesquisa referem-se à possibilidade de viés de seleção dos artigos, limitações metodológicas presentes nas publicações analisadas e escassez de dados nacionais, o que pode restringir a generalização dos resultados.

Os benefícios da pesquisa concentram-se na síntese e análise crítica do conhecimento científico atual sobre o fentanil, abordando suas propriedades químicas,

farmacológicas e toxicológicas, as interações com outras substâncias e os impactos do uso indevido na saúde pública. Além de contribuir para a área acadêmica e científica, os resultados desta revisão oferecem subsídios relevantes para profissionais da saúde, gestores e formuladores de políticas públicas, favorecendo a construção de estratégias de prevenção, manejo clínico e vigilância epidemiológica voltadas para o enfrentamento da crescente problemática do uso ilícito de fentanil.

3.5 ASPECTOS ÉTICOS

Por se tratar de uma pesquisa do tipo revisão de literatura, este estudo não envolveu a coleta de dados primários nem a participação de seres humanos ou animais, o que dispensa a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, conforme estabelece a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde. No entanto, os aspectos éticos foram considerados com rigor, especialmente no que diz respeito à utilização e citação adequada das fontes. Todo o conteúdo analisado foi extraído de publicações acadêmicas reconhecidas, respeitando os direitos autorais e a integridade intelectual dos autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente capítulo, são apresentados e discutidos os resultados da revisão de literatura comparativa sobre o fentanil, enfatizando suas propriedades químicas, farmacológicas e toxicológicas, as interações com outras substâncias e os impactos decorrentes do uso indevido e ilícito, com foco nos dados de mortalidade e incidência de intoxicações. A análise dos artigos selecionados permitiu identificar tendências consistentes entre os estudos nacionais e internacionais, evidenciando a gravidade da expansão do consumo de fentanil e seus análogos como um problema emergente de saúde pública global.

Com o foco de sistematizar a produção científica analisada nesta revisão de literatura, foi elaborado o Quadro 1, que reúne os principais estudos selecionados sobre o fentanil no contexto farmacológico, toxicológico e forense. Os artigos foram organizados de acordo com autor e ano de publicação, título, base de dados e objetivo, considerando o enfoque adotado nesta pesquisa. A seleção dos estudos levou em conta sua relevância científica, aderência à problemática proposta e contribuição para a compreensão das características farmacológicas e toxicológicas do fentanil, bem como de suas implicações clínicas, legais e periciais. Dessa forma, o quadro possibilita uma visão integrada das evidências que fundamentam a análise dos resultados apresentados nos tópicos subsequentes.

Quadro 1- Produção científica selecionada sobre a referida temática

Autor/ano	Título	Base	Objetivo
Kuhn; Bigal; Nappo, 2025	Fentanil: uma ameaça estrutural à saúde pública brasileira	SciELO	Analisar os impactos do uso indevido e ilícito do fentanil no contexto brasileiro, com ênfase nos desafios para a vigilância toxicológica e forense.
Han <i>et al.</i> , 2019	A crescente crise do uso ilícito de fentanil, overdose e potenciais estratégias terapêuticas	PubMed	Analisar as interações farmacológicas do fentanil e suas implicações clínicas e legais nos casos de intoxicação e overdose.
Fujita; Oba; Sugaya <i>et al.</i> , 2023	Tendências evolutivas na mortalidade por overdose nos EUA (2000–2020): análise idade-período-coorte	PubMed	Avaliar a evolução da mortalidade associada a opioides sintéticos, com destaque para o fentanil, e suas implicações epidemiológicas.

Somerville <i>et al.</i> , 2017	Características da overdose por fentanil em Massachusetts, 2014–2016	PubMed	Caracterizar os perfis de overdose por fentanil e destacar a importância da análise toxicológica na investigação das mortes.
Ciccarone, 2021	O aumento dos fentanils ilícitos, estimulantes e a quarta onda da crise dos opioides	PubMed	Analisar as associações do fentanil com outras drogas e seus impactos clínicos, sociais e legais.
Zibbell <i>et al.</i> , 2023	Associações entre mortes por overdose de opioides e drogas apreendidas pela polícia	SciELO	Investigar a relação entre apreensões de drogas e mortes por overdose, com enfoque na relevância da análise forense.
Martins <i>et al.</i> , 2022	Opioides sintéticos e a dinâmica das overdoses no Brasil: desafios para a vigilância epidemiológica	SciELO	Analisar a incidência de intoxicações por opioides sintéticos no Brasil e os desafios para a vigilância epidemiológica e pericial.
Jones <i>et al.</i> , 2020	O fentanil ilícito na crise dos opioides: mortes, respostas políticas e desafios futuros	PubMed	Analisar os desafios toxicológicos e laboratoriais relacionados à detecção do fentanil e seus impactos na saúde pública.
Belzak; Halverson, 2018	Aumento rápido das mortes relacionadas ao fentanil no Canadá: dados de vigilância e implicações políticas	PubMed	Avaliar a mortalidade associada ao fentanil e a importância dos dados toxicológicos para a formulação de políticas públicas.
Volkow; Blanco; Collins, 2021	A epidemia de fentanil na América do Norte: fatores, consequências e respostas de saúde pública	PubMed	Analisar os impactos clínicos e sociais do fentanil, relacionando suas propriedades farmacológicas à elevada mortalidade.
Armenian; Vo; Barr-Walker; Lynch, 2018	Farmacologia do fentanil e seus análogos: visão geral e implicações clínicas	PubMed	Descrever as propriedades químicas, farmacológicas e toxicológicas do fentanil e de seus análogos, com implicações forenses.
Scholl <i>et al.</i> , 2019	As tendências em mortes por overdose de drogas sintéticas nos Estados Unidos, 2013–2017	PubMed	Analisar a mortalidade e a incidência de intoxicações por drogas sintéticas, com destaque para o fentanil.

4.1 CARACTERÍSTICAS FARMACOLÓGICAS E TOXICOLÓGICAS DO FENTANIL

Em consonância com o objetivo geral deste estudo, que consiste em evidenciar as características farmacológicas e toxicológicas do fentanil, os resultados obtidos a partir da análise dos estudos selecionados demonstram que essa substância apresenta elevada potência analgésica, rápida ação no sistema nervoso central e estreita margem terapêutica, fatores diretamente relacionados ao seu alto potencial de toxicidade e letalidade.

Do ponto de vista farmacológico, o fentanil é descrito como um opioide sintético altamente lipossolúvel, com grande afinidade pelos receptores μ -opioides, o que favorece sua rápida penetração na barreira hematoencefálica e início quase imediato de ação. Essa característica, embora essencial para seu uso terapêutico em contextos hospitalares, também está associada ao risco elevado de depressão respiratória, especialmente em situações de uso indevido ou administração em doses inadequadas (ARMENIAN *et al.*, 2018; VOLKOW; BLANCO; COLLINS, 2021).

No que se refere aos aspectos toxicológicos, os estudos evidenciam que o fentanil apresenta uma relação dose-resposta extremamente sensível, sendo que pequenas variações na dose podem resultar em efeitos adversos graves ou fatais. A ocorrência de depressão respiratória, sedação profunda e parada cardiorrespiratória está entre os principais desfechos associados à intoxicação por essa substância, especialmente quando combinada com outros depressores do sistema nervoso central, como benzodiazepínicos e álcool (HAN *et al.*, 2019; CICCARRONE, 2021).

Além disso, observa-se que a alta potência do fentanil contribui significativamente para o aumento dos casos de overdose, especialmente no contexto do uso ilícito. Estudos epidemiológicos apontam crescimento expressivo das mortes relacionadas a opioides sintéticos, destacando o fentanil como principal responsável por esse cenário, sobretudo em países da América do Norte, onde a substância tem sido amplamente associada à crise de saúde pública relacionada ao uso de drogas (SCHOLL *et al.*, 2019; BELZAK; HALVERSON, 2018; FUJITA; OBA; SUGAYA *et al.*, 2023).

Outro aspecto relevante identificado refere-se à presença de análogos sintéticos do fentanil, que apresentam potência ainda superior à substância original, aumentando a complexidade dos quadros de intoxicação e dificultando sua detecção em análises laboratoriais convencionais. Essa diversidade química amplia os riscos

toxicológicos e representa um desafio adicional para a toxicologia forense e para os sistemas de vigilância em saúde (JONES *et al.*, 2020; ZIBBELL *et al.*, 2023).

No contexto brasileiro, embora a disseminação do fentanil ainda seja considerada mais restrita em comparação com outros países, estudos indicam uma tendência de crescimento no uso de opioides sintéticos, evidenciando a necessidade de fortalecimento das estratégias de vigilância epidemiológica e toxicológica. A análise dos dados aponta para a importância do monitoramento contínuo dessa substância, considerando seus impactos potenciais na saúde pública e na segurança sanitária (MARTINS *et al.*, 2022; KUHN; BIGAL; NAPPO, 2025).

Adicionalmente, os achados demonstram que as características farmacológicas do fentanil estão diretamente relacionadas à sua elevada capacidade de causar dependência, uma vez que a substância atua no sistema de recompensa cerebral, promovendo liberação de dopamina e reforçando o comportamento de uso. Esse fator contribui para a rápida instalação de tolerância e dependência, aumentando o risco de uso abusivo e de eventos adversos graves (VOLKOW; BLANCO; COLLINS, 2021; ARMENIAN *et al.*, 2018).

Dessa forma, os resultados evidenciam que o fentanil reúne um conjunto de características farmacológicas e toxicológicas que o tornam uma substância de alto risco, especialmente em contextos de uso não controlado. Sua elevada potência, rápida ação, estreita margem terapêutica e forte potencial de dependência configuram um cenário crítico, exigindo controle rigoroso, monitoramento constante e aprofundamento das análises científicas e forenses sobre seus efeitos e implicações.

4.2 MÉTODOS LABORATORIAIS UTILIZADOS NA DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO FENTANIL

A partir da análise dos estudos apresentados no Quadro 1, foi possível identificar os principais métodos laboratoriais utilizados na detecção e quantificação do fentanil em contextos clínicos e forenses. A literatura evidencia que a identificação desse opioide sintético representa um desafio relevante para os laboratórios de toxicologia analítica, principalmente em razão de sua elevada potência farmacológica e das baixas concentrações frequentemente encontradas em amostras biológicas. Nesse sentido, os estudos analisados destacam a necessidade de métodos laboratoriais sensíveis e específicos, capazes de detectar a substância mesmo em

níveis traço, garantindo maior confiabilidade aos resultados obtidos (HAN *et al.*, 2019; JONES *et al.*, 2020).

Entre os métodos utilizados na triagem toxicológica, destacam-se os imunoensaios, frequentemente empregados em laboratórios clínicos e forenses devido à sua rapidez e facilidade de aplicação. Esses testes permitem uma detecção preliminar de substâncias psicoativas em amostras biológicas, sendo amplamente utilizados como etapa inicial da análise toxicológica. No entanto, diversos estudos apontam que os imunoensaios apresentam limitações na identificação de fentanil e de seus análogos sintéticos, podendo resultar em falsos negativos ou apresentar baixa especificidade analítica. Dessa forma, os resultados obtidos por meio desses testes geralmente necessitam de confirmação por métodos instrumentais mais precisos (JONES *et al.*, 2020).

Para a confirmação e quantificação da substância, a literatura aponta o uso de técnicas instrumentais mais robustas, especialmente aquelas baseadas em cromatografia acoplada à espectrometria de massas. Entre os métodos mais citados nos estudos analisados estão a cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas em tandem (LC-MS/MS) e a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS). Essas técnicas apresentam elevada sensibilidade e especificidade, permitindo identificar concentrações extremamente baixas do fármaco em diferentes matrizes biológicas, como sangue, urina e outros tecidos analisados em investigações toxicológicas e forenses (HAN *et al.*, 2019; FUJITA; OBA; SUGAYA, 2023).

Além da identificação da substância, esses métodos laboratoriais também possibilitam a quantificação do fentanil presente nas amostras analisadas, aspecto fundamental para a interpretação toxicológica em investigações forenses. A determinação da concentração da substância permite correlacionar os achados laboratoriais com os efeitos clínicos observados, contribuindo para a avaliação da possível relação entre a exposição ao fármaco e o evento investigado. Dessa forma, a aplicação de técnicas analíticas avançadas torna-se essencial para garantir a precisão das análises e a confiabilidade dos laudos periciais (JONES *et al.*, 2020).

Outro aspecto relevante apontado nos estudos analisados refere-se aos desafios relacionados ao surgimento constante de novos análogos sintéticos do fentanil. Pequenas modificações estruturais nesses compostos podem dificultar sua identificação por métodos laboratoriais convencionais, exigindo constante atualização

tecnológica e científica dos laboratórios de toxicologia. Nesse cenário, os pesquisadores ressaltam a importância da utilização de técnicas analíticas avançadas e da constante atualização dos bancos de dados espectrais utilizados nos sistemas de detecção, permitindo identificar novas substâncias que surgem no mercado ilícito de drogas (FUJITA; OBA; SUGAYA, 2023).

Além disso, os estudos indicam que a diversidade de apresentações do fentanil e de seus análogos no mercado ilícito contribui para aumentar a complexidade das análises toxicológicas. Em muitos casos, a substância pode estar associada a outras drogas psicoativas, o que exige análises laboratoriais mais detalhadas e interpretação especializada dos resultados obtidos. Dessa forma, a correta identificação do fentanil e de seus derivados depende não apenas da utilização de métodos analíticos sensíveis, mas também da experiência técnica dos profissionais envolvidos na investigação toxicológica (JONES *et al.*, 2020).

No contexto brasileiro, estudos recentes também apontam desafios relacionados à infraestrutura laboratorial disponível para a detecção dessa substância. Embora a circulação do fentanil ainda seja inferior à observada em países da América do Norte, existem evidências de crescimento no número de apreensões e de casos relacionados ao uso da substância. Nesse sentido, limitações estruturais e tecnológicas de alguns laboratórios podem dificultar a identificação precisa do fármaco e de seus análogos, contribuindo para possíveis subnotificações e dificultando a avaliação real da extensão do problema (KUHN; BIGAL; NAPPO, 2025).

Diante desse cenário, a literatura destaca que o avanço das técnicas de toxicologia analítica tem papel fundamental no aprimoramento das investigações relacionadas ao fentanil. A utilização de métodos laboratoriais altamente sensíveis e específicos permite ampliar a capacidade de detecção da substância e melhorar a interpretação dos achados toxicológicos. Dessa forma, os métodos laboratoriais desempenham papel essencial tanto na vigilância toxicológica quanto na investigação de casos de intoxicação, overdose ou morte relacionados ao uso de opioides sintéticos, contribuindo para o esclarecimento científico e jurídico dessas ocorrências (HAN *et al.*, 2019; FUJITA; OBA; SUGAYA, 2023).

A análise dos estudos selecionados evidencia que a detecção laboratorial do fentanil representa um dos principais desafios atuais da toxicologia analítica e da investigação forense. Esse cenário decorre principalmente da elevada potência farmacológica do composto e das concentrações extremamente baixas nas quais ele

pode estar presente em amostras biológicas. Além disso, a constante modificação estrutural dos análogos sintéticos do fentanil amplia a complexidade das análises laboratoriais, exigindo métodos analíticos cada vez mais sensíveis e atualizados. Dessa forma, observa-se que a evolução das técnicas laboratoriais torna-se fundamental para acompanhar a dinâmica do mercado ilícito de opioides sintéticos e garantir maior precisão na identificação dessas substâncias.

Outro aspecto relevante identificado na literatura refere-se às limitações dos métodos de triagem toxicológica quando utilizados isoladamente. Embora os imunoensaios sejam amplamente empregados em laboratórios clínicos e forenses devido à sua rapidez e praticidade, os estudos analisados demonstram que esses testes podem apresentar baixa especificidade para determinados análogos do fentanil. Isso reforça a necessidade de confirmação por técnicas instrumentais mais robustas, capazes de fornecer resultados mais confiáveis. Nesse sentido, métodos como LC-MS/MS e GC-MS destacam-se como ferramentas essenciais para a identificação precisa da substância e para a quantificação de suas concentrações em diferentes matrizes biológicas.

A partir dos estudos analisados, também se observa que a correta identificação do fentanil depende não apenas da utilização de métodos laboratoriais avançados, mas também da interpretação especializada dos resultados obtidos. A análise toxicológica exige conhecimento aprofundado sobre farmacologia, toxicologia e química analítica, uma vez que a presença da substância em amostras biológicas deve ser correlacionada com fatores clínicos e circunstanciais relacionados ao caso investigado. Assim, os resultados evidenciam que o avanço das técnicas analíticas, aliado à capacitação técnica dos profissionais envolvidos nas análises laboratoriais, constitui elemento essencial para o fortalecimento das investigações toxicológicas e periciais envolvendo opioides sintéticos.

4.3 ANALISAR AS INTERAÇÕES FARMACOLÓGICAS E OS IMPACTOS CLÍNICOS E LEGAIS ASSOCIADOS AO USO DO FENTANIL

Han *et al.*, (2019) analisaram de forma abrangente os riscos clínicos associados ao uso indevido do fentanil, destacando que as interações farmacológicas representam um dos principais fatores de agravamento dos quadros de intoxicação. Segundo os autores, a elevada potência do fentanil faz com que sua associação com

outras substâncias amplifique significativamente os efeitos tóxicos, contribuindo para o aumento da gravidade clínica e da letalidade observada nos casos de overdose.

De acordo com Han *et al.*, (2019), a combinação entre fentanil e benzodiazepínicos constitui uma das associações mais perigosas do ponto de vista clínico. Ambas as classes farmacológicas atuam como depressores do sistema nervoso central, produzindo efeito sinérgico que intensifica a sedação profunda e a depressão respiratória. Essa interação eleva de forma expressiva o risco de morte, mesmo quando as substâncias são utilizadas em doses consideradas moderadas.

Os autores também ressaltam que as overdoses envolvendo fentanil associado a outras substâncias frequentemente demandam doses repetidas e elevadas de naloxona para reversão. Han *et al.*, (2019) apontam que essa necessidade representa um desafio clínico relevante e, sob a perspectiva legal, pode dificultar a reconstrução do evento tóxico, uma vez que a intervenção prévia altera as concentrações detectadas nas análises posteriores.

O consumo concomitante de fentanil e álcool é outro fator clínico relevante destacado por Han *et al.*, (2019). O álcool potencializa os efeitos sedativos do fentanil e compromete os mecanismos de alerta do organismo, reduzindo a percepção dos sinais iniciais de intoxicação. Essa interação favorece a ocorrência de overdoses acidentais, com implicações diretas para a responsabilização legal em casos de morte suspeita.

Ciccarone (2021) amplia a análise ao abordar a chamada “quarta onda” da crise dos opioides, caracterizada pela associação entre fentanil e substâncias estimulantes, como cocaína e metanfetaminas. Segundo o autor, essas combinações produzem quadros clínicos atípicos, nos quais os efeitos estimulantes podem mascarar temporariamente a depressão respiratória induzida pelo opioide, retardando o reconhecimento da gravidade da intoxicação.

Do ponto de vista clínico, Ciccarone (2021) destaca que esse mascaramento dos efeitos depressivos dificulta o manejo emergencial, uma vez que os sinais iniciais podem ser interpretados como menos graves. Já no âmbito legal, essa dinâmica complexifica a análise pericial, pois os achados toxicológicos podem não refletir imediatamente a causa primária do óbito ou da intoxicação.

Outro aspecto relevante discutido por Ciccarone (2021) é a presença do fentanil em drogas adulteradas, frequentemente sem o conhecimento do usuário. Essa prática aumenta significativamente o risco de intoxicação acidental e levanta questões legais

relacionadas à responsabilidade penal e à caracterização de dolo ou culpa em casos de morte por overdose. Zibbell *et al.*, (2023) contribuem para essa discussão ao correlacionar dados de apreensões de drogas com registros de mortes por overdose. Os autores demonstram que o fentanil aparece de forma recorrente em substâncias comercializadas como estimulantes, revelando que muitas mortes inicialmente atribuídas a outras drogas envolvem, na realidade, o opioide como agente central da intoxicação.

Segundo Zibbell *et al.*, (2023), essa adulteração dificulta a correta identificação da causa da morte, exigindo que a análise forense considere tanto as substâncias detectadas em amostras biológicas quanto aquelas apreendidas no local. Essa integração de dados é essencial para a correta caracterização legal do evento e para a definição das responsabilidades envolvidas. A análise conjunta dos estudos evidencia que as interações farmacológicas do fentanil ampliam significativamente as implicações clínicas do seu uso indevido. A presença de múltiplas substâncias em um mesmo caso aumenta a gravidade dos quadros de intoxicação e dificulta a condução clínica, exigindo abordagens terapêuticas mais complexas e intensivas.

Sob a perspectiva legal, essas interações impõem desafios adicionais à investigação de mortes suspeitas e intoxicações. A determinação do nexo causal entre a exposição ao fentanil e o desfecho observado torna-se mais complexa quando múltiplos agentes estão envolvidos, demandando interpretação técnica qualificada dos achados toxicológicos. Nesse contexto, a perícia criminal desempenha papel fundamental ao esclarecer as circunstâncias do evento tóxico. A correta identificação das interações farmacológicas e de suas consequências clínicas subsidia a elaboração de laudos periciais capazes de orientar decisões judiciais e administrativas de forma mais precisa.

A atuação do farmacêutico perito criminal é essencial nesse processo, uma vez que esse profissional possui formação específica para interpretar os efeitos combinados de diferentes substâncias. Ao analisar os resultados laboratoriais de forma integrada, o farmacêutico contribui para a correta avaliação das implicações clínicas e legais dos casos envolvendo fentanil. Além disso, os achados discutidos pelos estudos analisados demonstram que a compreensão das interações farmacológicas do fentanil é fundamental para a formulação de estratégias de prevenção e redução de danos. A identificação de padrões de uso indevido e de associações perigosas subsidia ações de saúde pública e políticas de controle.

Portanto, os resultados desta revisão evidenciam que o uso indevido do fentanil, aliado às suas interações farmacológicas, gera implicações clínicas graves e desafios legais significativos. A complexidade desses casos reforça a importância da atuação especializada do farmacêutico perito criminal na análise, interpretação e esclarecimento de eventos envolvendo opioides potentes, atendendo diretamente ao objetivo específico deste estudo.

4.4 ATUAÇÃO DO FARMACÊUTICO NA PERÍCIA CRIMINAL FRENTE AOS IMPACTOS DO FENTANIL NA MORTALIDADE E NAS INTOXICAÇÕES

Fujita, Oba e Sugaya *et al.*, (2023) analisaram a evolução da mortalidade por opioides sintéticos nos Estados Unidos entre 2000 e 2020 e demonstraram crescimento expressivo das mortes associadas ao fentanil. Os autores evidenciam que a substância passou a ocupar posição central na crise dos opioides, superando outros analgésicos opioides em termos de letalidade, o que reforça a relevância da investigação forense na elucidação das causas de morte relacionadas a esses eventos.

Os dados apresentados por Fujita, Oba e Sugaya *et al.*, (2023) indicam que a mortalidade associada ao fentanil afeta principalmente adultos jovens e de meia-idade, configurando um padrão epidemiológico preocupante. Esse perfil amplia a complexidade da atuação pericial, pois envolve indivíduos economicamente ativos e contextos sociais diversos, exigindo análises técnicas rigorosas para determinar as circunstâncias do óbito.

Scholl *et al.*, (2019) corroboram esses achados ao demonstrarem que, entre 2013 e 2017, houve aceleração significativa das mortes por drogas sintéticas nos Estados Unidos, com destaque para o fentanil. Os autores ressaltam que a identificação precisa da substância foi determinante para o reconhecimento da gravidade da crise, evidenciando a importância da toxicologia forense na produção de dados confiáveis sobre mortalidade.

No âmbito estadual, Somerville *et al.*, (2017) analisaram as características das overdoses fatais em Massachusetts entre 2014 e 2016 e observaram que o fentanil esteve presente em grande parte dos óbitos relacionados a opioides. Segundo os autores, a análise toxicológica detalhada foi essencial para diferenciar casos de uso isolado de opioides daqueles envolvendo associações ilícitas, reforçando o papel da perícia criminal.

Somerville *et al.*, (2017) destacam ainda que muitos indivíduos afetados apresentavam condições de vulnerabilidade social, o que amplia a responsabilidade da perícia na contextualização dos achados laboratoriais. A correta interpretação dos resultados toxicológicos permite compreender não apenas a causa mortis, mas também o contexto em que a intoxicação ocorreu.

No Canadá, Belzak e Halverson (2018) documentaram aumento rápido e expressivo das mortes relacionadas ao fentanil, caracterizando uma crise de grandes proporções. Os autores apontam que a produção de dados epidemiológicos confiáveis depende diretamente da qualidade das análises laboratoriais e dos laudos periciais elaborados, evidenciando a relevância da atuação técnica especializada.

Belzak e Halverson (2018) ressaltam que a correta identificação do fentanil como agente causador das mortes foi fundamental para a adoção de medidas emergenciais de saúde pública. Esse processo só foi possível a partir de análises toxicológicas precisas, que permitiram diferenciar o fentanil de outros opioides e substâncias presentes nos casos investigados.

No contexto brasileiro, Martins *et al.*, (2022) alertam para a emergência gradual dos opioides sintéticos no país, destacando dificuldades relacionadas à vigilância epidemiológica e à detecção laboratorial. Os autores apontam que a atuação da perícia criminal é fundamental para identificar precocemente a presença do fentanil e subsidiar ações de enfrentamento.

Kuhn, Bigal e Nappo (2025) complementam essa análise ao evidenciar que a subnotificação constitui um dos principais entraves para a compreensão do impacto real do fentanil no Brasil. A limitação da infraestrutura laboratorial e a escassez de profissionais especializados comprometem a identificação adequada da substância, reforçando a necessidade da atuação do farmacêutico perito criminal.

A análise integrada dos estudos demonstra que a mortalidade associada ao fentanil está diretamente relacionada às suas propriedades farmacológicas e às frequentes associações com outras substâncias. Esses fatores exigem análises toxicológicas detalhadas para estabelecer o nexo causal entre a exposição ao fármaco e o óbito, tarefa que demanda conhecimento técnico especializado. Nesse cenário, a atuação do farmacêutico perito criminal é essencial para a correta condução das investigações. Esse profissional é responsável pela análise de amostras biológicas, aplicação de métodos analíticos sensíveis e interpretação dos resultados à luz dos conhecimentos farmacológicos e toxicológicos.

Além da análise laboratorial, o farmacêutico perito criminal contribui para a elaboração de laudos técnicos com elevado valor probatório. Esses documentos subsidiam investigações policiais e decisões judiciais, permitindo esclarecer se a morte decorreu de intoxicação acidental, uso abusivo, associação ilícita de substâncias ou outras circunstâncias relevantes. A atuação do farmacêutico também se estende à produção de dados epidemiológicos a partir dos resultados periciais.

Os estudos analisados evidenciam que a perícia criminal desempenha papel estratégico no enfrentamento da crise do fentanil. A atuação técnica qualificada do farmacêutico perito criminal permite transformar dados laboratoriais complexos em informações claras e confiáveis, essenciais para a compreensão da dinâmica das intoxicações e mortes associadas à substância. Os resultados desta revisão demonstram que os impactos do fentanil na mortalidade e nas intoxicações impõem desafios significativos à investigação forense.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo geral evidenciar as características farmacológicas e toxicológicas do fentanil, bem como compreender suas implicações no contexto clínico, legal e forense. A partir da análise da literatura científica selecionada, foi possível identificar que o fentanil apresenta propriedades farmacológicas singulares, como elevada potência, rápida absorção e estreita margem terapêutica, fatores que contribuem diretamente para sua alta letalidade e para o aumento dos casos de intoxicação e mortalidade associados ao seu uso indevido.

Os resultados demonstraram que as características toxicológicas do fentanil representam desafios significativos para a investigação forense, especialmente no que se refere à sua detecção e quantificação em amostras biológicas. A presença de análogos sintéticos e a constante evolução do mercado ilícito dificultam a identificação da substância por métodos laboratoriais convencionais, evidenciando a necessidade do emprego de técnicas analíticas de alta sensibilidade, como a cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas.

No que diz respeito às implicações clínicas e legais, observou-se que o uso indevido do fentanil, aliado às frequentes interações farmacológicas com outras substâncias, amplia significativamente a gravidade dos quadros de intoxicação. A associação com depressores ou estimulantes do sistema nervoso central resulta em manifestações clínicas complexas, que dificultam tanto o manejo emergencial quanto a correta interpretação pericial dos casos, impactando diretamente a determinação da causa mortis e das responsabilidades legais envolvidas.

A análise dos estudos também evidenciou que o fentanil se consolidou como um dos principais responsáveis pelo aumento da mortalidade por opioides sintéticos em diferentes países, incluindo contextos internacionais e o cenário brasileiro emergente. A subnotificação de casos, associada a limitações estruturais dos laboratórios forenses, reforça a necessidade de aprimoramento da vigilância toxicológica e da produção de dados epidemiológicos confiáveis.

Nesse contexto, a atuação do farmacêutico perito criminal mostrou-se fundamental para a investigação de casos envolvendo o fentanil. Esse profissional desempenha papel central na análise de amostras biológicas, na aplicação de métodos laboratoriais avançados e na interpretação técnica dos resultados

toxicológicos, contribuindo de forma decisiva para a elaboração de laudos periciais com elevado valor probatório.

Além de sua atuação no âmbito laboratorial, o farmacêutico perito criminal contribui para o esclarecimento das circunstâncias dos óbitos e intoxicações, auxiliando autoridades policiais e judiciais na tomada de decisões fundamentadas. Sua expertise permite estabelecer o nexo causal entre a exposição ao fentanil e os desfechos observados, diferenciando situações de uso terapêutico, abuso, associação ilícita ou intoxicação acidental.

Dessa forma, conclui-se que as propriedades farmacológicas e toxicológicas do fentanil, aliadas às suas interações e ao uso indevido, representam um desafio relevante para a saúde pública e para a investigação forense. A atuação especializada do farmacêutico perito criminal é indispensável para enfrentar esses desafios, garantindo análises precisas, interpretação adequada dos achados toxicológicos e subsídios técnicos para a formulação de políticas públicas de prevenção e controle do uso de opioides sintéticos.

REFERÊNCIAS

ARMENIAN, P. *et al.* Fentanyl, fentanyl analogs and novel synthetic opioids: a comprehensive review. **Neuropharmacology**, v. 134, p. 121–132, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2017.10.016>>. Acesso em: 18 jul. 2024.

ARMENIAN, P.; VO, K. T.; BARR-WALKER, J.; LYNCH, K. L. Fentanyl and its analogs: pharmacology and clinical implications. **Journal of Medical Toxicology**, v. 14, n. 1, p. 1–10, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13181-017-0620-5>>. Acesso em: 03 mar. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: **Informação e documentação— Referências**: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br>>. Acesso em: 22 maio 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **RDC nº 471, de 23 de fevereiro de 2021**. Dispõe sobre controle e prescrição de medicamentos sujeitos a controle especial. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-471-de-23-de-fevereiro-de-2021-305873823>>. Acesso em: 01 abr. 2026.

BASTOS, F. I. P. M. *et al.* **III Levantamento Nacional sobre o uso de drogas pela população brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), 2017. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/34614>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

BUSARDÒ, F. P. *et al.* Ultra-high-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry in forensic toxicology: Current applications. **Current Medicinal Chemistry**, v.25, n.30, p.1-16, 2018. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29558859/>> Acesso em: 03 abr. 2026.

BRUNTON, L. L.; HILAL-DANDAN, R.; KNOLLMANN, B. C. **Goodman & Gilman: As bases farmacológicas da terapêutica**. 13. ed. Porto Alegre: AMGH, 2018. Disponível em: <<https://www.lange.com/Goodman-and-Gilmans-The-Pharmacological-Basis-of-Therapeutics-13e/p/9781259584732>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

BELZAK, L.; HALVERSON, J. The opioid crisis in Canada and fentanyl-related deaths. **Health Promotion and Chronic Disease Prevention in Canada**, v. 38, n. 6, p. 224–233, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.24095/hpcdp.38.6.02>>. Acesso em: 17 set. 2025.

BORTOLETTO, M. E.; BOCHNER, R. Impacto dos medicamentos nas intoxicações humanas no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, n. 1, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311X00159215>>. Acesso em: 22 abr. 2025.

BRUNTON, L. L.; HILAL-DANDAN, R.; KNOLLMANN, B. C. **Goodman & Gilman: as bases farmacológicas da terapêutica**. 13. ed. Porto Alegre: AMGH, 2018. Disponível em: <<https://books.google.com>>. Acesso em: 09 set. 2025.

CICCARONE, D. Fentanyl in the US heroin supply. **International Journal of Drug Policy**, v.46, p. 107-111, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2017.05.003>>. Acesso em: 09 jun. 2024.

CICCARONE, D. O aumento dos fentanils ilícitos, estimulantes e a quarta onda da crise dos opioides. **Current Opinion in Psychiatry**, v. 34, n. 4, p. 344–350, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000711>>. Acesso em: 02 nov. 2025.

CICCARONE, D. The triple wave epidemic: supply and demand drivers of the US opioid overdose crisis. **International Journal of Drug Policy**, v. 71, p. 183–188, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955395919301982>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

CUNHA, K. F. *et al.* Toxicologia forense: atuação interdisciplinar e importância pericial. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 9, n. 2, p. 45-52, 2020. Disponível em: <<https://revista.rbc.org.br/index.php/rbc/article/view/384>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

COSTA, P. A. Controle e fiscalização de substâncias psicoativas no Brasil. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 103, n. 3, p. 45–59, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br>>. Acesso em: 13 ago. 2025.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 5. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2018. Disponível em: <<https://tms.iau.ir/file/download/page/1635851101-creswell.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

CUNHA, R.; LIMA, D. A atuação interdisciplinar nas perícias criminais. **Revista de Ciências da Saúde**, v. 12, n. 4, p. 89–102, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.uf>>. Acesso em: 28 jun. 2024.

DANIULAITYTE, R. *et al.* Fentanyl-contaminated heroin and opioid users' risk environment. **International Journal of Drug Policy**, v. 46, p. 70–76, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2017.11.001>>. Acesso em: 11 ago. 2024.

DUARTE, F.; LIMA, J. Farmacovigilância e controle de opioides. **Cadernos de Saúde Pública**, v.38, n.6, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102311X00012321>> Acesso em: 07 fev. 2025.

ELLIOTT, S.; BRANDT, S. D. Detection of synthetic opioids in forensic toxicology. **Drug Testing and Analysis**, v. 11, n. 1, p. 135–143, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/dta.2490>>. Acesso em: 19 mar. 2024.

FERREIRA, M.; SOUZA, L. Perícia toxicológica e o papel do farmacêutico. **Boletim de Toxicologia Aplicada**, v. 8, n. 2, p. 17–25, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.br>>. Acesso em: 18 jul. 2025.

FUJITA, M.; OBA, K.; SUGAYA, S. *et al.* Tendências evolutivas na mortalidade por overdose nos EUA (2000–2020): análise idade-período-coorte. **Journal of Analytical Toxicology**, v.47, p.211–220, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/jat/bkad012>>. Acesso em: 21 jan. 2025.

GOODMAN, L. S.; GILMAN, A. **As bases farmacológicas da terapêutica**. 13. ed. Porto Alegre: AMGH, 2018. Disponível em: <<https://books.google.com>>. Acesso em: 01 out. 2024.

GIL, A. C. **Como fazer pesquisa qualitativa**. São Paulo: Atlas, 2021. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/books/9786559770496>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

HODGSON, E. **A textbook of modern toxicology**. 4. ed. Wiley, 2020. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 04 jun. 2024.

HAN, B. *et al.* A crescente crise do uso ilícito de fentanil, overdose e potenciais estratégias terapêuticas. **Forensic Toxicology**, v. 37, n. 1, p. 33–44, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11419-018-0441-0>>. Acesso em: 08 ago. 2025.

JONES, C. M. *et al.* O fentanil na crise dos opioides: mortes, respostas políticas e desafios futuros. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, Atlanta, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6950e1>>. Acesso em: 14 fev. 2024.

KARCH, S. B. **Karch's pathology of drug abuse**. 5. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017. Disponível em: <<https://www.taylorfrancis.com>>. Acesso em: 09 jan. 2025.

KATZUNG, B. G. **Basic and clinical pharmacology**. 15. ed. New York: McGraw-Hill, 2021. Disponível em: <<https://accessmedicine.mhmedical.com>>. Acesso em: 15 jul. 2024.

KLAASSEN, C. D. **Casarett & Doull's toxicology: the basic science of poisons**. 9. ed. New York: Mc Graw Hill, 2022. Disponível em: <<https://accessmedicine.mhmedical.com>>. Acesso em: 21 fev. 2025.

KUHN, A. M.; BIGAL, M. E.; NAPPO, S. A. Fentanil: uma ameaça estrutural à saúde pública brasileira. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 47, n. 2, p. 212–224, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1516-4446-2024-3456>>. Acesso em: 02 mar. 2026.

KARCH, S. B. **Forensic Toxicology: Principles and Concepts**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2018. Disponível em: <<https://www.routledge.com/Forensic-Toxicology-Principles-and-Concepts/Karch/p/book/9781498708431>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

MADEIRA, M. Z. A.; COSTA, J. L. **Toxicologia forense aplicada à investigação criminal**. São Paulo: Atheneu, 2018. Disponível em: <<https://books.google.com>>. Acesso em: 11 ago. 2024.

MARTINS, F. C. *et al.* Opioides sintéticos e a dinâmica das overdoses no Brasil: desafios para a vigilância epidemiológica. **Cadernos de Saúde Coletiva**, v. 30, n. 3,

p. 281–295, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1414-462X202230030281>>. Acesso em: 28 out. 2024.

MELO, C. R. Farmacêutico forense: princípios e práticas na toxicologia criminal. **Revista Brasileira de Ciências Forenses**, v. 15, n. 2, p. 78–90, 2021. Disponível em: <<https://periodicos.br>> Acesso em: 05 fev. 2025.

MOSS, R. B.; CARLO, D. J. Higher doses of naloxone are needed in the synthetic opioid era. **Substance Abuse Treatment, Prevention, and Policy**, v. 13, n. 1, 2018. Disponível em: <<https://substanceabusepolicy.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13011-018-0155-4>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

MOORE, C. *et al.* Fentanyl and related synthetic opioids in forensic toxicology. **Forensic Science Review**, v. 30, n. 2, p. 121–132, 2018. Disponível em: <<https://www.forensicsciencereview.com>>. Acesso em: 23 jul. 2025.

NIOSH. **Fentanyl: preventing occupational exposure to emergency responders**. 2019. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh>>. Acesso em: 04 abr. 2025.

O'DONNELL, J. K. *et al.* Overdose deaths involving synthetic opioids, including fentanyl — United States. **Centers for Disease Control and Prevention (CDC)**, 2023. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/overdose/data/synthetic-opioids.html>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

OLIVEIRA, F. S. Perícia toxicológica e atuação farmacêutica. **Boletim de Farmácia Legal**, v. 3, n. 1, p. 15–22, 2021. Disponível em: <<https://periodicos.br>>. Acesso em: 02 fev. 2025.

POUPART, J. *et al.* **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. 2 ed. Petrópolis: Vozes, 2018. Disponível em: <<https://books.google.com>>. Acesso em: 15 jan. 2025.

POLETTINI, A.; TRUJILLO, O. Forensic Toxicology: Drug Use and Misuse. Cambridge. **Royal Society of Chemistry**, 2019. Disponível em: <<https://pubs.rsc.org/en/content/ebook/978-1-78801-879-1>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

PETERS, F. T.; DRUMMER, O. H.; MUSSHOFF, F. Current concepts in forensic toxicology. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 410, p. 6071–6081, 2018. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-018-1210-2>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

PARK, T. W. *et al.* Benzodiazepine prescribing patterns and deaths from drug overdose among US veterans receiving opioid analgesics. **BMJ**, v. 356, j760, 2020. Disponível em: <<https://www.bmj.com/content/356/bmj.j760>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

SCHOLL, L. *et al.* **Drug overdose deaths in the United States**. *MMWR*, v. 67, p. 1419–1427, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.15585/mmwr.mm675152e1>>. Acesso em: 27 set. 2025.

SANTOS, A. G.; ROCHA, L. C. Educação e formação do farmacêutico forense. **Revista Pedagogia Científica**, v. 11, n. 1, p. 33–47, 2021. Disponível em: <<https://periodicos.br>>. Acesso em: 06 fev. 2025.

SILVA, A. J.; CASTRO, J. F. Interdisciplinaridade na perícia criminal. **Ciências Forenses Interdisciplinares**, v. 4, n. 2, p. 61–70, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.br>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

SILVEIRA, R. L. A atuação do farmacêutico como perito judicial. **Revista de Bioética e Direito**, v. 8, n. 3, p. 22–34, 2020. Disponível em: <<https://revistes.ub.edu>>. Acesso em: 22 ago. 2025.

SOFT/AAFS. **Forensic toxicology laboratory guidelines**. 2019. Disponível em: <<https://www.soft-tox.org>>. Acesso em: 03 mar. 2025.

STANLEY, T. H. The fentanyl story. **The Journal of Pain**, v. 20, n. 10, p. 1215–1226, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1526590019302440>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

SOMERVILLE, N. J. *et al.* Characteristics of fentanyl overdose — Massachusetts, 2014–2016. **Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)**, Atlanta, v. 66, n. 14, p.382386, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6614a2>>. Acesso em: 10 mar. 2026.

TAYLOR, M. *et al.* Illicit synthetic opioids: emerging challenges and the role of early warning systems. **Forensic Science International**, v. 277, p. 44-49, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073817302053>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

VOLKOW, N. D.; BLANCO, C.; COLLINS, F. S. A epidemia de fentanil na América do Norte: fatores, consequências e respostas de saúde pública. **New England Journal of Medicine**, v.384, p.567572, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1056/NEJMra2027030>>. Acesso em: 19 jul. 2024.

VOLKOW, N. D.; COLLINS, F. S. The role of science in addressing the opioid crisis. **New England Journal of Medicine**, v. 377, p. 391–394, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1056/NEJMSr1706626>>. Acesso em: 12 maio 2025.

VOLKOW, N. D.; BLANCO, C. The changing opioid crisis: development, challenges and opportunities. **Molecular Psychiatry**. V. 26, p. 218-223, 2021. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41380-020-0660-2>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for pharmacological treatment of pain**. Geneva, 2019. Disponível em: <<https://www.who.int/publications>>. Acesso em: 08 fev. 2025.

ZANELATTO, I.; LARANJEIRA, R. Dependência de opioides sintéticos. **Revista de Estudos em Saúde**, v. 12, n. 4, p. 113–126, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.br>>. Acesso em: 14 jun. 2024.

ZIBBELL, J. E. *et al.* Associação entre overdose e apreensões de drogas apreendidas pela polícia. **Revista de Saúde Pública**, v. 57, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2023057005092>>. Acesso em: 03 jan. 2025.