



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PICOS
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM QUÍMICA

ISRAEL PEDRO SILVA SÁ

**A UTILIZAÇÃO DAS TÉCNICAS DE QUÍMICA FORENSE COMO UMA
PROPOSTA DE ENSINO DE QUÍMICA**

PICOS
2022

ISRAEL PEDRO SILVA SÁ

**A UTILIZAÇÃO DAS TÉCNICAS DE QUÍMICA FORENSE COMO UMA
PROPOSTA DE ENSINO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura Plena em
Química do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos.

Orientador: Prof. Me. Jorge Roberto Assunção
Cardoso.

PICOS

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PICOS
COORDENAÇÃO DE BIBLIOTECA
SERVIÇO DE PROCESSOS TÉCNICOS

S111u Sá, Israel Pedro Silva

A utilização das técnicas de química forense como uma proposta de ensino de química / Israel Pedro Silva Sá. — 2022.

53 f.: il.

Monografia (Graduação em Licenciatura em Química) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Picos, 2022.

Orientador: Prof. Me. Jorge Roberto Assunção Cardoso.

1. Química - estudo e ensino. 2. Química forense. 3. Investigação criminal. I. Título.

CDD: 540.7

ISRAEL PEDRO SILVA SÁ

**A UTILIZAÇÃO DAS TÉCNICAS DE QUÍMICA FORENSE COMO UMA
PROPOSTA DE ENSINO DE QUÍMICA**

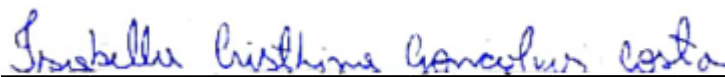
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura Plena em
Química do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos

Aprovada em: 05 / 09 / 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Jorge Roberto Assunção Cardoso
Orientador (IFPI-PI)



Prof. Dra. Isabella Cristhina Gonçalves Costa
Membra Interna (IFPI-PI)



Monielle dos Santos Silva
Membra externa (FASG-MG)

Aos pais, amigos e
familiares.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores e servidores do IFPI do Campus Picos, pois tiveram sua contribuição, todo o apoio necessário para que eu chegasse até aqui. Agradeço ao meu Deus, que me deu força quando mais precisava.

Todos os que realizam um trabalho de pesquisa sabem que não o fazem sozinho, embora seja solitária a parte da escrita e da leitura. O resultado de nossos estudos foi possível somente pela colaboração e pelo esforço de outras pessoas antes de nós, pelos autores que li, pelos professores com quem tive aulas desde os tempos do ensino fundamental, pelos colegas de curso, com os quais debati vários assuntos. Inicialmente agradeço ao grande Mestre, minha luz, meu refúgio e o grande responsável por todas essas realizações, Deus.

Manifesto minha gratidão à minha família merecedora das palavras que me são mais preciosas. Obrigada por vocês existirem. Obrigada por depositarem em mim a confiança para todas as horas. Aos meus pais, Pedro Olegário e Luzia Noronha, sem vocês eu não estaria aqui. Por todo apoio, mesmo distantes, em todos os momentos da minha vida. Muito obrigada por todos os princípios humanos que me ensinaram. Ao meu irmão Ismael Pedro e minha tia Rosa Noronha por toda força e incentivo.

Não poderia deixar de agradecer aos meus avós, em especial a meu vô Olegário, pelo exemplo de vida humilde e, por através de suas conversas, ensinar-me a buscar os meus sonhos. Gostaria muito que ela estivesse entre nós para presenciar mais esta conquista, que não é só minha, e sim de todos vocês.

Agradecimento especial, ao meu orientador, o professor Me. Jorge Roberto Assunção Cardoso, que sem medir esforços, reservou momentos de sua vida pessoal para a orientação e auxílio no decorrer de todo o trabalho, agradeço pelos conhecimentos transmitidos, pelas palavras de ânimo e apoio; a minha gratidão pelas sugestões ao longo dessa pesquisa. E ainda, pela confiança em mim depositada no desenvolvimento desse tema. Agradeço a paciência que teve comigo, os ensinamentos, as dicas de pesquisa e as horas de leituras gastas no meu trabalho. Suas sugestões nunca soaram arrogância, mas foram sempre úteis e bem-vindas.

RESUMO

A Química Forense é uma área que tem muitas conexões com várias outras ciências e possui grande importância na solução de investigações criminais. O Ensino de Química vem se transformando e novas metodologias visam relacionar à Química ao cotidiano do discente. Os alunos consideram a disciplina de Química como uma das mais difíceis. Nesse mesmo sentido, para reduzir essas dificuldades usa-se novas metodologias de ensino. Esse trabalho tem como objetivo geral realizar uma revisão de literatura acerca da temática Química Forense e suas técnicas como uma proposta de ensino, além de buscar, de maneira específica, reconhecer a importância de métodos da Química Forense para o aprendizado, elencar técnicas de Química Forense empregadas como método de ensino, enfatizar quais técnicas de Química Forense são utilizados com maior frequência no ensino. Para alcançar esses objetivos foi realizada uma pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo em diversas base de dados que tratam sobre o tema Química Forense. Os resultados mostraram que a cena de crime fictícia e questionários são recursos didáticos muito explorados nos artigos estudados e que os alunos do ensino médio são o foco principal de estudo. A interdisciplinaridade é apontada pelos pesquisadores como de grande importância, uma vez que está presente nas mais diversas áreas das ciências forenses. As reações químicas e as forças intermoleculares são os conteúdos mais discutidos nos artigos em estudo. Além disso, pode-se também observar que as técnicas de Química forense mais usadas com fins didáticos foram a identificação de sangue, cromatografia, extração de DNA, revelação de impressões digitais e balística. Ao fim dessas buscas, pode-se verificar a importância do tema estudado e grande necessidade de produzir mais pesquisas na área para que possa alcançar cada vez mais professores, pesquisadores e alunos.

Palavras-chave: química forense; ensino de química; investigação criminal.

ABSTRACT

Forensic Chemistry is an area that has many connections with several other sciences and has great importance in the solution of criminal investigations. Chemistry teaching has been changing and new methodologies aim to relate Chemistry to the student's daily life. Students consider chemistry one of the most difficult subjects. In this way, to reduce these difficulties new teaching methodologies are used. This work has the general objective of carrying out a literature review on the theme Forensic Chemistry and its techniques as a teaching proposal. In addition, it seeks to recognize the importance of Forensic Chemistry methods for learning, to list Forensic Chemistry methodologies used as a teaching method, to emphasize the methods of Forensic Chemistry most frequently used in teaching. To achieve these objectives, a qualitative bibliographic research was carried out on several database that deal with the topic Forensic Chemistry. The results showed that the fictional crime scene and questionnaires are didactic resources very explored in the studied articles and that high school students are the focus of study. The authors point out the interdisciplinary as of great importance, since it is present in the most diverse areas of the forensic science. Chemical reactions and intermolecular forces are the most discussed contents in the articles under study. In addition, it can also be observed that the most used forensic chemistry techniques for didactic purposes were blood identification, chromatography, DNA extraction, fingerprint development and ballistics. At the end of these searches, it is possible to verify the importance of the subject studied and the great need to produce more research in the area so that it can reach more and more teachers, researchers and students.

Keywords: forensic chemistry; chemistry teaching; criminal investigation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – A Química Forense e as relações entre as ciências forenses e a criminalística no processo de investigação criminal	17
Figura 2 – Estrutura química do luminol	20
Figura 3 – Processo de separação de mistura por cromatografia em colunas.	21
Figura 4 – Matrizes usada para cromatografia	22
Figura 5 – Primeiro ciclo de amplificação de DNA pela técnica PCR	24
Figura 6 – Revelação de diferentes tipos de impressões digitais	25
Figura 7 – Esquema de um cartucho para arma de fogo.....	27
Figura 8 – Quantidade de trabalhos científicos encontrados sobre ensino de química no Brasil na Plataforma SciELO.	36
Figura 9 – Lista de revistas que mais publicaram sobre ensino de Química no Brasil.	36
Figura 10 – Percentual de artigos que abordam a cena de crime fictícia e a aplicação de questionários como recurso didático	45
Figura 11 – Nível escolar ao qual os autores relatam ser direcionados seus trabalhos.....	46
Figura 12 – Interdisciplinaridade trabalhada de forma direta e explícita como proposta de ensino.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista dos periódicos pertencentes a PubliSBQ publicadas no Brasil	29
Tabela 2 – Qualis CAPES de algumas das principais revistas/periódicos na área de Química e/ou Ensino de Química no Brasil. O Qualis utilizado corresponde ao quadriênio 2013-2016.....	30
Tabela 3 – Termos e expressões/palavras-chave usados durante a busca no buscador/indexador SciELO.....	35
Tabela 4 – Termos expressões/palavras chave usados no mecanismo de indexação e busca da PubliSBQ.	37
Tabela 5 – Informações básicas sobre os artigos selecionados nesse estudo.	39
Tabela 6 – Técnicas investigativas de Química Forense e recursos didáticos utilizados pelos autores dos artigos selecionados.....	48

LISTA DE SIGLAS

AIA	Ambiente Interativo de Aprendizagem
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CSI	<i>Crime Scene Investigation</i>
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
GSR	<i>Gun Shot Residue</i>
IES	Instituição de Ensino Superior
JBCS	<i>Journal of the Brazilian Chemical Society</i>
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PCR	<i>Polymerase Chain Reaction</i>
PubliSBQ	Publicações da Sociedade Brasileira de Química
QN	Química Nova
QNEsc	Química Nova na Escola
QNInt	Química Nova Interativa
ReSBEnQ	Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química
RVq	Revista Virtual de Química
SBEnQ	Sociedade Brasileira de Ensino de Química
SBQ	Sociedade Brasileira de Química
SciELO	<i>Scientific Eletronic Library Online</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	A Química Forense.....	16
2.1.1	Técnicas utilizadas na Química Forense.....	17
2.1.1.1	<i>Identificação de sangue</i>	18
2.1.1.2	<i>Cromatografia</i>	20
2.1.1.3	<i>Extração de DNA.....</i>	22
2.1.1.4	<i>Impressões digitais.....</i>	24
2.1.1.5	<i>Balística.....</i>	26
2.2	Panorama sobre a pesquisa em Ensino de Química no Brasil	28
3	METODOLOGIA	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
4.1	Investigação dos artigos nas plataformas SciELO e PubliSBQ.....	34
4.2	A análise dos artigos	38
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
	REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

A era digital possibilitou grandes avanços em todas as áreas do conhecimento Humano, principalmente na área de Química e Ciências da Natureza em geral. Há muito tempo o ensino de Química tem enfrentado vários problemas em relação a aprendizagem dos seus conteúdos seguindo um padrão conservador. É necessário que a escola acompanhe essas mudanças, avalie o processo de aprendizagem e consiga incorporar ao sistema educacional novas metodologias de ensino. Muitos estudos têm sido desenvolvidos para que se possa compreender o que ocorre nesse meio e quais são os problemas que afetam o desenvolvimento dos estudantes, principalmente os do Ensino Médio. Em diversas esferas da educação se nota que o volume de investimento é considerado alto e mesmo assim os recursos ainda são insuficientes para resolver a maioria dos problemas. Metodologias ativas no ensino de Química devem ser adotadas para relacionar de forma efetiva os conteúdos de Química com a vivência dos alunos. (GAMA *et al.*, 2021).

Devido a isso, é indispensável que se estimule tanto os docentes quanto os discentes a perceber a grande importância que tem a Educação Química no processo de ensino-aprendizagem. Faz-se necessário problematizar e contextualizar o ensino diante da evolução das tecnologias atuais para que se possa raciocinar e solucionar os problemas dentro de um contexto que esteja ligado ao cotidiano do aluno. (BRASIL, 2000). Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-PCNEM relatam que a aprendizagem implica no entendimento dos conhecimentos científicos de forma que se possa explicar o funcionamento do mundo a sua volta, além de projetar e executar ações de intervenção. Em concordância com as Diretrizes Educacionais, bem como com estudos realizados na área da educação, compreende-se que é de grande relevância que os alunos possam ter a garantia de um ensino com equidade, que leve em consideração os contextos nos quais eles estão inseridos de tal modo que se possa promover uma aprendizagem significativa e compreensível para os alunos. (BRASIL, 2000).

Ainda dentro desse contexto, a disciplina de Química e o sistema educacional como um todo, passou por grandes mudanças a partir da implantação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Esta nova forma de organizar o conhecimento em habilidades e competências tem a finalidade de definir as demandas necessárias para resolver problemas da vida cotidiana, argumentando, refletindo e propondo

soluções a partir da contextualização. (BRASIL, 2018).

Nesse mesmo sentido, entende-se que com a educação é possível desenvolver habilidades e não somente mera reprodução de conhecimentos, fazendo ainda com que se possa desenvolver uma mentalidade crítica e participativa. (BRASIL, 2018). Partindo desse conhecimento e com a perspectiva de fazer das técnicas da Química Forense uma proposta de ensino de Química é que será desenvolvido este estudo, em que poderá embasar a sua justificação na dificuldade encontrada pelos alunos em assimilar os conteúdos de Química e associar esses conteúdos com a realidade.

A Química Forense é uma vertente das ciências forenses e a sua utilização tem crescido bastante a cada dia, principalmente nas questões relacionadas à investigação criminal e áreas afins, bem como em relação ao contexto educacional. Entretanto, apesar desse crescimento ser notório, ainda existe pouca literatura relacionada à essa temática. (SANTOS; SILVA, 2021). A partir desse entendimento é que se deu este estudo, que pode ser notado como muito importante para o processo de melhoria de metodologias aplicadas no ensino de Química, em que os alunos poderão fazer uma análise comparativa entre os conceitos aplicados e a realidade que circunda essa vertente da Química, sendo de grande valia para o contexto educacional. Tomando como base esse conhecimento, tem-se à seguinte problemática de pesquisa: a Química Forense oferece recursos, em relação às suas técnicas, que dão subsídio para o ensino de Química?

1.1 Objetivos

Na busca por respostas a esse questionamento, traçou-se o objetivo geral desse trabalho, que é realizar uma revisão de literatura em artigos publicados no Brasil acerca da temática de Química Forense como uma proposta de ensino de Química. Além disso, delineou-se os objetivos específicos como: reconhecer a importância de métodos da Química Forense para o aprendizado; Elencar metodologias da Química Forense utilizadas como método de ensino. Enfatizar os métodos utilizados com maior frequência no ensino e analisar os artigos dos principais periódicos do Brasil no contexto da Química Forense como estratégia didática de ensino na compreensão dos conceitos, ferramentas e técnicas.

No intuito de alcançar esses objetivos e responder a problemática

desenvolvida, este estudo será desenvolvido a partir de uma pesquisa caracterizada como qualitativa, fazendo uso da revisão de literatura a partir de pesquisas realizadas nas principais plataformas de publicações científicas do Brasil, bem como nos principais periódicos que publicam na área de Química e ensino de Química. A busca se concentrará em trabalhos que tratem sobre a temática Química Forense e as suas técnicas voltadas para o contexto educacional, bem como para a resolução de crimes. Assim, a partir desse entendimento, este estudo será desenvolvido sob a hipótese de que as técnicas da Química Forense podem ser utilizadas como uma proposta de ensino.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo trataremos de alguns tópicos importantes sobre a Química Forense e suas técnicas mais usadas para a obtenção e interpretação dos vestígios encontrados no âmbito de uma investigação criminal, bem como alguns aspectos panorâmicos relacionados ao ensino de Química no Brasil.

2.1 A Química Forense

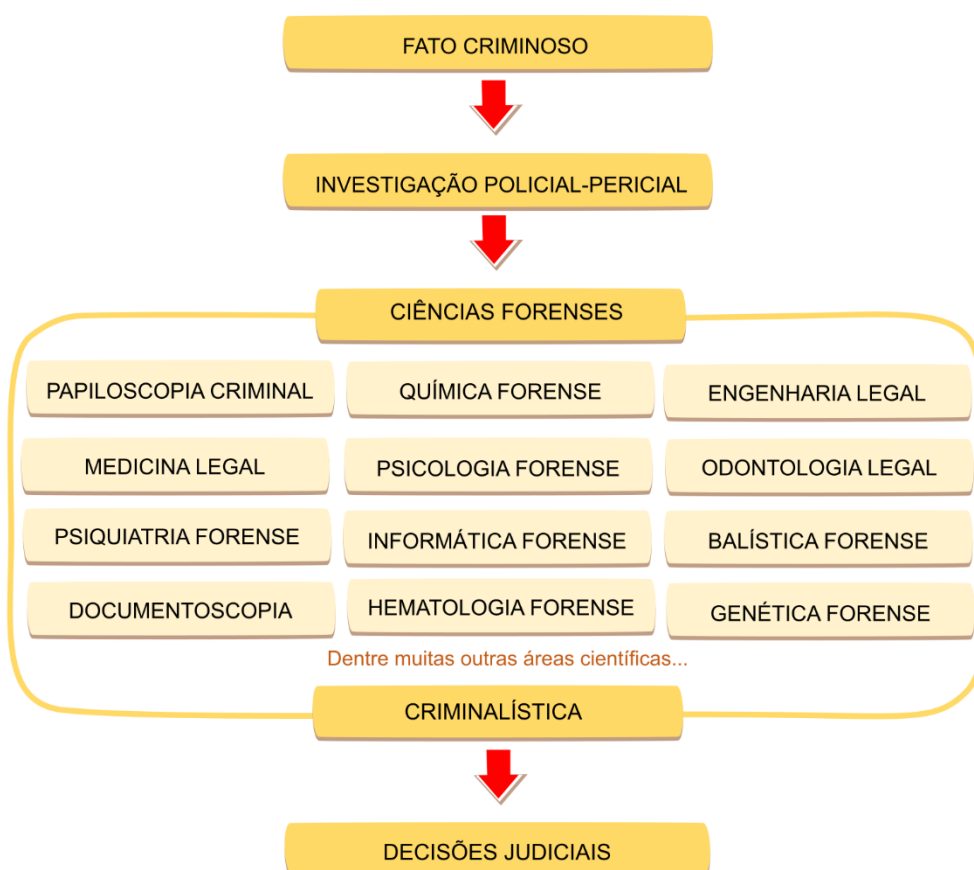
A Química Forense é uma área usada com frequência com a finalidade de desvendar crimes produzindo provas que servem de base para investigações na esfera civil e criminal. Tem ganhado bastante destaque devido ao surgimento de filmes, documentários e séries televisivas que abordam o tema. (SILVA; ROSA, 2013) O profissional forense, por exemplo, precisa identificar ou descartar a presença do suspeito na cena do crime, e para isso, necessita empregar técnicas bem estabelecidas que apresentem resultados precisos. Utilizar a tecnologia disponível para analisar a autenticidade de documentos, analisar drogas lícitas e ilícitas, combustíveis, venenos, fibras, tintas, explosivos, disparos de arma de fogo e realizar exames laboratoriais. (ROMÃO *et al.*, 2011).

A Química Forense se conecta com o conhecimento de várias outras ciências, que são as Ciências Forenses que dentre outras atribuições possuem proposições de construção, divulgação e aplicação direta ao trabalho pericial, visto que é através destes conhecimentos científicos que as decisões judiciais devem ser fundamentadas. A Química Forense de acordo com Oliveira e Soares (2021) por ser uma área de formação fundamentalmente interdisciplinar abrange, além do núcleo de química, outras disciplinas básicas. Os autores relatam que:

[...] Química Forense é fundamentalmente interdisciplinar, necessitando de conhecimentos de diversas outras ciências, dentre as quais: a Toxicologia, a Biologia, a Física e a Geologia. Do mesmo modo, a Química Forense compõe ainda o rol multidisciplinar das Ciências Forenses – que se constitui pelo conjunto de ciências que têm como premissas a produção, a difusão e a aplicação de conhecimentos científicos que possam embasar as decisões relativas aos processos judiciais. Logo, justifica-se que qualquer área científica que se debruce em desenvolver metodologias para atender às demandas da Justiça, nos mais diversos campos de atuação pericial, pode ser considerada como uma Ciência Forense. (OLIVEIRA; SOARES, 2021, p. 20)

A Figura 1 ilustra as relações entre a ciências forenses e criminalística, dentre as quais a Química Forense. No processo de investigação criminal para embasar as decisões judiciais muitas vezes faz-se necessário recorrer a várias dessas ciências.

Figura 1 - A Química Forense e as relações entre as ciências forenses e a criminalística no processo de investigação criminal



Fonte: Oliveira e Soares (2021)

Nota-se para que um crime seja esclarecido, muitas vezes, é necessário que o estudo envolva várias dessas ciências, cada uma explorando o conhecimento inerente a sua área de pesquisa. Essa interconexão é um fator essencial e determinante para um bom desempenho de uma investigação criminal.

2.1.1 Técnicas utilizadas na Química Forense

Existem uma grande variedade de técnicas que são usadas para os mais diversos fins dentro do contexto da Química Forense, devido à natureza

interdisciplinar e a grande quantidade de elementos necessários para a elucidação de crimes. Dentre essa grande variedade de técnicas ou métodos, pode-se citar cromatografias, espectrometrias, difratometria, microscopias, polarimetria, entre outras técnicas que são usadas com frequência em laboratórios de Química Forense. A utilização desses métodos depende de alguns fatores como, por exemplo, qual é o tipo de ajuste necessário para resolver o problema e a disponibilidade de recursos. (FARIAS, 2010). Vamos nos concentrar aqui em técnicas de identificação de sangue, cromatografia, extração de DNA, revelação de impressões digitais e balística.

2.1.1.1 *Identificação de sangue*

A análise dos vestígios de sangue deixados na cena do crime é de grande utilidade no esclarecimento de crimes violentos. Dependendo do tipo de crime as manchas de sangue é uma das evidências mais importantes que devem ser coletadas e investigadas pelos peritos criminais. Em alguns casos, essas manchas são visíveis próximo ao corpo da vítima, nas roupas do suspeito, nas paredes, no chão, em objetos perfurantes, entre outros. Contudo, em muitos casos as manchas de sangue não estão explícitas, por algum motivo, e portanto, não podem ser observadas diretamente, podendo ter passado por um processo de limpeza pelo acusado de executar o crime. (POLLETO, 2017).

Vários fatores ou características das manchas de sangue encontradas na cena de crime devem ser investigadas como o modo como as gotas caem, o lugar, o formato e tamanho das gotas. Além disso, é necessário apurar se as manchas são realmente sangue ou se na verdade é outra substância. (SEBASTIANY *et al.*, 2013).

Alguns reagentes podem ser utilizados para analisar os vestígios de sangue e fornecer evidências de que a amostra realmente contém sangue. No caso, das manchas estarem visíveis o reagente de *Kastle-Meyer* é um forte candidato para a detecção de manchas de sangue.

A preparação do reagente de Kastle-Meyer é realizada utilizando basicamente zinco metálico em pó, hidróxido de sódio e fenoftaleína. Preparar uma solução de hidróxido de sódio pesando 20g de NaOH e adicionando 90 mL de água destilada e também 1g de fenoftaleína dissolvido em 10 mL de etanol. Adicionar 20g de zinco metálico em pó. Colocar a solução em um becker e aquecer em uma chapa de aquecimento

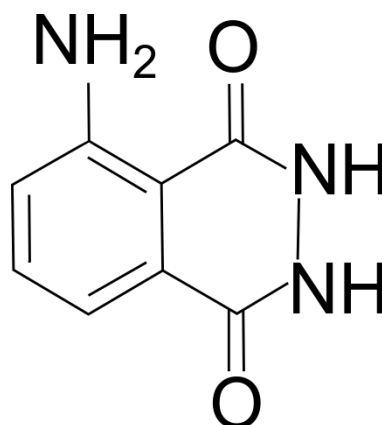
sob agitação constante por aproximadamente 1h a 150°C. A cor da solução muda de rósea para levemente amarela ou incolor e um depósito de zinco metálico ficará no fundo do becker. (POLLETO, 2017, p. 97).

Uma vez que o reagente está preparado e pronto para uso, coleta-se uma amostra das manchas no local do crime usando soro fisiológico para umedecer o algodão em uma haste flexível, adiciona-se uma gota do reagente de *Kastle-Meyer* na haste e uma gota de água oxigenada (peróxido de hidrogênio). Se houver uma mudança para uma cor avermelhada significa que a amostra em estudo pode conter sangue. Isso acontece porque ao se adicionar água oxigenada (peróxido de hidrogênio), ocorre um efeito catalítico da hemoglobina presente no sangue que decompõe o peróxido de hidrogênio em água e oxigênio. O oxigênio reage com a fenolftaleína que se transforma em sua forma oxidada de coloração avermelhada. (DIAS FILHO; ANTEDOMENICO, 2010).

É importante mencionar que uma substância que seja capaz de decompor o peróxido de hidrogênio, e portanto apresente um comportamento de peroxidase, pode gerar um falso positivo. Além disso, com esse teste não é possível confirmar se o sangue é humano, uma vez que a hemoglobina está presente no sangue de todos os vertebrados, sendo assim, necessita-se de outros métodos bioquímicos para determinar se o sangue é humano. (DIAS FILHO; ANTEDOMENICO, 2010).

Quando não há manchas visíveis o luminol (5-amino-2,3-dihidroftalazina-1,4-diona) é utilizado para detectar a presença de sangue no ambiente. A Figura 2 mostra a estrutura química do luminol. Ainda que esse ambiente tenha sido lavado o luminol possui alta sensibilidade mesmo em uma pequena amostra de sangue. O mecanismo de detecção é baseado na emissão de luz através do processo de quimioluminescência que surge devido a reação química do luminol com o sangue. Quando o luminol é aplicado no ambiente ou superfície suspeita e uma luz azul é liberada, diz-se que o teste é positivo para sangue. Para que esse fenômeno aconteça é necessário um reagente oxidante e um catalisador. Em cenas de crime o reagente oxidante mais usado é o peróxido de hidrogênio pela simplicidade de preparação e o seu bom desempenho, já o catalizador é o íon ferro presente na hemoglobina. (VASCONCELLOS; PAULA, 2017).

Figura 2- Estrutura química do luminol



Fonte: Vasconcellos e Paula (2017)

2.1.1.2 Cromatografia

A cromatografia é uma técnica de separação de compostos em uma mistura muito usado nos laboratórios de Química Forense, em que se identifica e quantifica as espécies químicas com muita eficiência de forma isolada ou com outras técnicas de análise, como por exemplo, espectrometria de massas. (PALOSCHI; ZENI; RIVEROS, 1998).

A cromatografia é de grande aplicação baseada no deslocamento dos componentes de uma mistura que ocorre em duas fases imiscíveis (fase móvel e fase estacionária). Devido a uma grande variedade de combinações possíveis a cromatografia pode ser classificada de diferentes formas: pela forma física do sistema, pela fase móvel, pela fase estacionária, pelo modo de separação. (DEGANI; CASS; VIEIRA, 1998).

Segundo Paloschi, Zeni e Riveros (1998) a cromatografia pode separar misturas simples e complexas e afirma que:

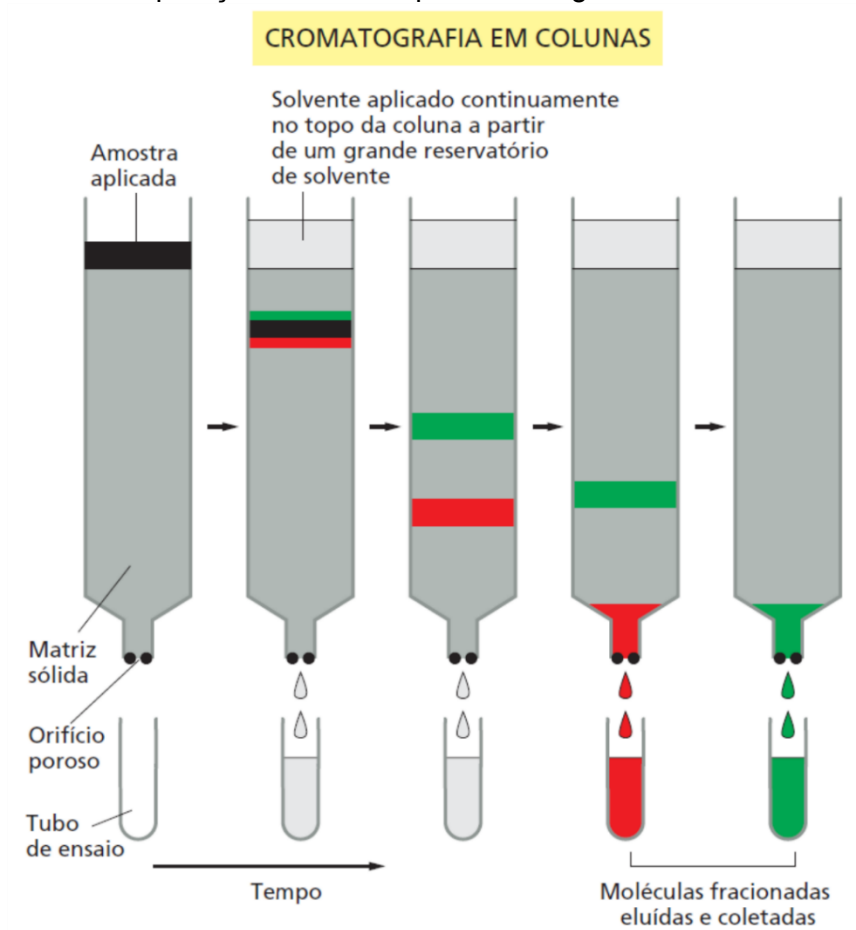
Praticamente não há campo da química e da biologia em que não se use a cromatografia de alguma forma. A análise por cromatografia de papel é usada em medicina (na detecção de venenos), em exames de tecidos biológicos e seus processos químicos relacionados e nos estudos estruturais de moléculas complexas, tais como hidratos de carbono, proteínas e fenóis complexos de plantas. A cromatografia é tão importante na química orgânica como na química inorgânica. (PALOSCHI; ZENI; RIVEROS, 1998, p. 35).

O conhecimento dessa técnica permite a identificação de elementos presente em tintas, óleos, gases, drogas, entre outros. Proteínas, por exemplo, podem ser

separadas pela técnica de cromatografia por colunas de acordo a sua carga, o seu tamanho ou a habilidade de se ligar a outras moléculas. Isso é chamado de cromatografia de troca iônica, de filtração em gel e de afinidade, respectivamente. (ALBERTS et al. 2017).

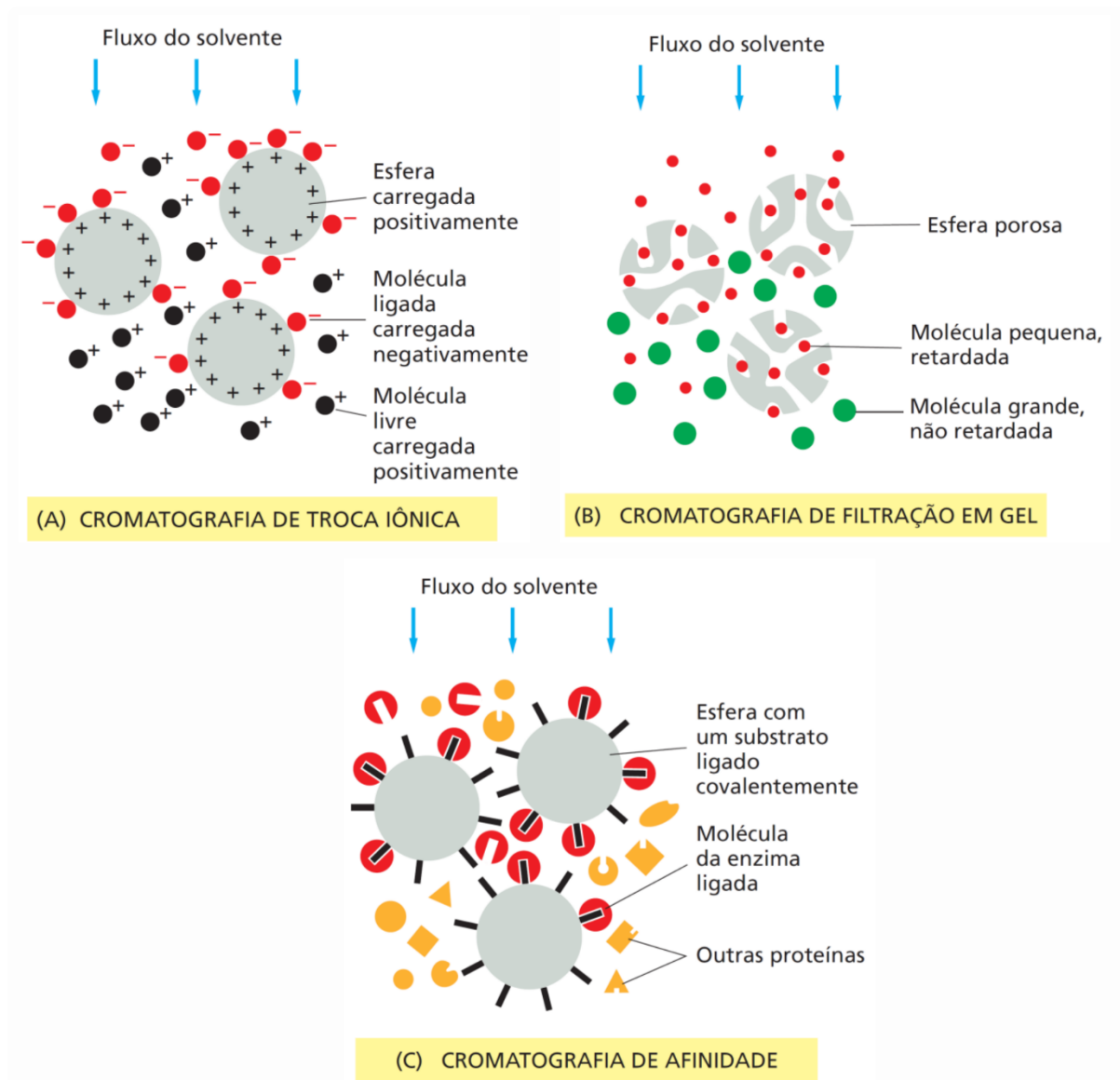
A Figura 3 mostra o processo de separação de mistura por cromatografia em colunas cuja a amostra é colocada no topo da coluna imersa em uma matriz permeável de celulose, e então, adiciona-se lentamente solvente a mistura. Observa-se que o fluxo do solvente ocorre a diferentes velocidades e que são coletadas em tubos diferentes. A Figura 4 mostra o esquema de cromatografia de troca iônica, cromatografia de filtração em gel e cromatografia de afinidade. No primeiro caso, a matriz insolúvel é carregada positivamente (com dietilaminoetilcelulose) ou negativamente (com carboximetilcelulose ou fosfocelulose). No segundo caso, a matriz é formada de pequenas esferas porosas e no terceiro caso, a matriz é unida a um ligante específico que se ligará a uma proteína específica. (ALBERTS et al. 2017).

Figura 3-Processo de separação de mistura por cromatografia em colunas



Fonte: Alberts et al. (2017)

Figura 4-Matrizes usada para cromatografia



Fonte: Adaptado de Alberts et al. (2017)

2.1.1.3 Extração de DNA

Os materiais colhidos na cena do crime, como sangue, saliva, sêmen, cabelo, pele, urina, unha, ossos, entre outros são vestígios biológicos que possuem características importantes que podem auxiliar na identificação do indivíduo que cometeu o crime. Essa identificação é possível através da extração do ácido desoxirribonucleico (DNA). Todas as células nucleadas possuem propriedades importantes para a identificação do indivíduo. Compara-se, então, o perfil genético das amostras coletadas na cena do crime com os perfis genéticos da vítima e do

suspeito do crime. (CORTE-REAL; VIEIRA, 2015).

O DNA contém o código genético de todos os seres vivos e transmite as características hereditárias, sendo que, atualmente, o uso mais frequente é para determinar uma possível paternidade. Porém, no caso do uso em Química Forense, emprega-se para identificar a quem pertence os vestígios coletados que são os materiais de origem biológica achados no local de crime. É possível identificar através da análise de DNA até mesmo vítimas carbonizadas, sendo portanto, uma ferramenta essencial de investigação criminal. (FARIAS, 2010).

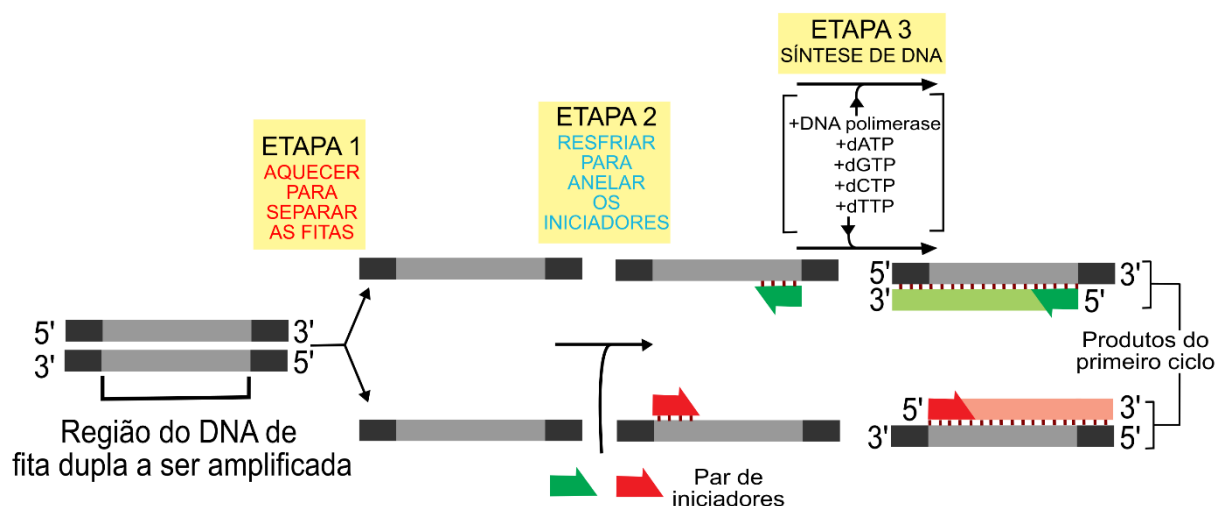
Existem um grande número de técnicas de extração de DNA e a escolha da técnica ideal que deve empregada em um caso específico, depende da quantidade de amostra, do tipo de amostra, da pureza, do tempo que cada método consome e baseia-se no tipo de vestígio que foi encontrado no local do crime, uma vez que o exame de DNA dependerá do tipo de material biológico encontrado. Cada técnica possui recomendações, vantagens e desvantagens. Além disso, em cena de crime as amostras podem estar em má condição, contaminada ou em pouca quantidade. Uma técnica bastante usada é a *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Com essa técnica é possível fazer a tipagem do DNA em situações cujas as amostras apresentam uma quantidade mínima de material biológico. É amplamente empregada devido a facilidade em amplificar regiões do genoma presentes em misturas complexas. (DOLINSKY; PEREIRA, 2007). As amostras necessitam de uma temperatura e o tempo adequado para que a amplificação ocorra com a síntese de novas fitas de DNA. E totalmente realizada em tubo de ensaio:

Cada ciclo da *PCR* inclui três etapas: (1) O DNA de fita dupla é aquecido brevemente para separar as duas fitas. (2) O DNA é exposto a uma quantidade excessiva de um par iniciadores específicos – projetados para limitar a região do DNA a ser amplificada – e a amostra é resfriada para permitir que os iniciadores hibridizem com as sequências complementares nas duas fitas de DNA. (3) Essa mistura é incubada com DNA-polimerase e os quatro desoxirribonucleosídeos trifosfato, de modo que o DNA possa ser sintetizado, a partir dos dois iniciadores. (ALBERTS *et al.* 2017, p. 473).

A Figura 5 mostra todas as etapas do primeiro ciclo do processo de amplificação do DNA. As duas fitas de DNA são separadas por aquecimento e um iniciador é anelado a cada fita. Um iniciador delimita a região da esquerda e da

direita do DNA a ser amplificada e a amostra é resfriada. A DNA polimerase replica cada fita de forma independente. Esses ciclos são repetidos várias vezes para amplificar o DNA. (ALBERTS et al. 2017).

Figura 5- Primeiro ciclo de amplificação de DNA pela técnica PCR



Fonte: Adaptado de Alberts *et al.* (2017)

2.1.1.4 Impressões digitais

Encontrar uma forma única de estabelecer a identidade de uma pessoa tem ocupado as mentes humanas desde a antiguidade. Muitas tentativas de criar um sistema em que seria possível fazer uma identificação civil de um indivíduo foram desenvolvidas. A identificação com fins criminais é também uma necessidade que surge na vida moderna para identificar pessoas, que por algum motivo, são prejudiciais à vida em sociedade. As impressões digitais, inicialmente, eram bastante usadas apenas como instrumento de identificação em documentos. Além disso, atualmente tem sido empregada para muitas outras finalidades. Em uma investigação criminal as impressões digitais é uma das formas de identificação mais importantes e reúne características interessantes que se destacam, pois a impressão digital de cada indivíduo é única e não muda significativamente com o desenvolvimento do indivíduo à medida que o tempo passa. (BALSAN et al., 2019).

A Papiloscopia é a ciência que estuda a identificação das pessoas por meio das papilas dérmicas. Subdivide-se em datiloscopia (que estuda as impressões digitais), quiroscopia (que estuda impressões palmares ou as palmas das mãos) e

podoscopia (que estuda as impressões plantares ou as palmas dos pés). Até os dias atuais, com o excelente desempenho da identificação por impressão digital, pode-se afirmar que não foram encontrados dois indivíduos com as mesmas impressões digitais. (FARIAS, 2010). A Figura 6 mostra a revelação de diferentes tipos de impressões digitais.

Figura 6- Revelação de diferentes tipos de impressões digitais



Fonte: Cruz et al. (2014)

Várias técnicas são empregadas na identificação de impressões digitais. Qual técnica é a mais adequada vai depender de alguns fatores como, por exemplo, o local ou superfície onde a impressão foi deixada. Entretanto, faz-se necessário que o perito tenha uma boa percepção da técnica que será usada antes da coleta da impressão, uma vez que o uso do procedimento errado poderá causar danos a impressão colhida no local do crime e destruir importante elemento de prova. (FARIAS, 2010).

A técnica do pó, o vapor de iodo, o nitrato de prata e a ninidrina são técnicas muito utilizadas. Em tese, as substâncias que são capazes de reagir com a água, sais e componentes graxos podem ser utilizadas como revelador. A prioridade dependerá do custo, cor da substância, toxicidade, de visibilidade dos detalhes das impressões digitais, entre outros. O desenvolvimento de novos pós reveladores que usem substâncias naturais é estudado, pois são acessíveis devido o custo reduzido e baixa toxicidade. (BALSAN *et al.*, 2019).

A técnica do pó é uma técnica tradicional amplamente empregada na identificação de impressões digitais quando a impressão é recente, a superfície é lisa e não adsorvente. O responsável pela aderência do pó é a água e à medida que o tempo passa a quantidade vai ficando cada vez menor. Um exemplo de

procedimento de coleta de impressão pela técnica do pó é feito aplicando uma camada fina de pó (pó de carvão, grafite, entre outros), borrifando o pó sobre o local desejado em que pode conter as impressões digitais, retirar o excesso de pó e em seguida recolher a impressão digital com fita adesiva ou fotografar a impressão digital revelada. (SEBASTIANY *et al.*, 2013).

Na técnica do vapor de iodo, deve-se aquecer em um recipiente fechado, o material que será examinado juntamente com cristais de iodo. Ao serem aquecidos os cristais de iodo sublimam sob forma de vapor que aderem aos materiais gordurosos da impressão digital. O vapor interage por meio de uma absorção física, compondo a imagem da impressão digital. (SILVA; ROSA, 2013; FARIAS, 2010).

O nitrato de Prata é outra técnica reveladora de impressões digitais. Recomendada para superfícies porosas, plásticos e madeira não envernizada. O nitrato de prata reage com cloretos de secreções da pele quando exposto à luz. A impressão deve ser colhida imediatamente, pois a reação pode acabar preenchendo a regiões vazias e formar um borrão. Não se deve usar essa técnica em materiais que tiverem sido expostos à água. (SEBASTIANY *et al.*, 2013).

A técnica da ninidrina deve ser empregada em superfície porosa, como por exemplo, papel, madeira não tratada, papel de parede, entre outros. Não deve ser usada em materiais molhados ou em superfícies não porosas. A ninidrina reage com compostos excretados pelas mãos, formados principalmente por aminoácidos. O produto da reação revela a impressão digital com uma cor intensa com coloração purpura. (FARIAS, 2010).

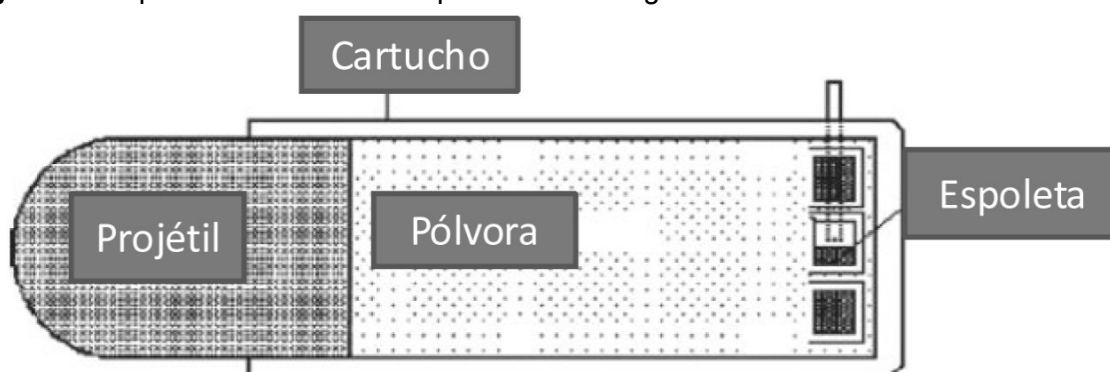
2.1.1.5 Balística

A balística estuda armas de fogo, munições e efeitos causados pelos disparos dessas armas. Na coleta de evidências quando armas de fogo são disparadas alguns procedimentos são realizados, visando esclarecer e provar autoria do fato. Para compreender os procedimentos e técnicas utilizadas na análise forense e as conexões entre a arma e o crime, é necessário conhecer os componentes das armas e das munições, além dos mecanismos de disparo. A balística interior estuda a estrutura, o mecanismo e o funcionamento das armas antes da saída projétil, como, por exemplo, os efeitos da carga de inflamação e de deflagração da pólvora. Já a balística externa se preocupa com a trajetória do projétil, analisando as condições do

movimento e seus efeitos no meio. (FARIAS, 2010).

A Figura 7 mostra o esquema de um cartucho de munição de arma de fogo. Dentro da balística forense a munição é considerada uma prova material fundamental na solução de crimes. Uma das técnicas mais comuns de identificação do suspeito em Química Forense é por meio dos resíduos de tiro através do *Gun Shot Residue* (GSR) ou exame residuográfico que estuda a origem e a dinâmica de partículas expelidas juntamente com o projétil. (ROMÃO *et al.* 2011).

Figura 7- Esquema de um cartucho para arma de fogo



Fonte: Romão *et al.* (2011)

As partículas provenientes da combustão da carga explosiva produz uma expansão gasosa e são expelidas pelo cano e também por orifícios da culatra para revólveres ou do extrator no caso de pistolas. (OLIVEIRA, 2006). Assim, uma das formas de identificação do suspeito quando se está de posse da arma supostamente usado no crime, baseia-se na procura de impressões digitais deixadas nas armas, conforme descrito na seção anterior. (SEBASTIANY *et al.*, 2013).

Para saber quais são os elementos químicos que devem ser procurados em um GSR, é preciso conhecer a composição química do cartucho que foi disparado. Os elementos químicos mais comuns nas cargas de iniciação são o chumbo, o bário e o antimônio. A detecção desses elementos, na maioria dos casos, apresenta uma forte evidência que é um resíduo proveniente de disparo de uma arma de fogo (FARIAS, 2010). Um método qualitativo clássico na análise química dos GSR é a reação desses resíduos com uma substância capaz de reagir com eles. Usa-se comumente para isso o rodizonato de sódio, caso a reação mude para uma cor avermelhada, significa que o resíduo pode ter sido disparado da arma (OLIVEIRA, 2006).

2.2 Panorama sobre a pesquisa em Ensino de Química no Brasil

A Sociedade Brasileira de Química (SBQ) teve um papel fundamental para as pesquisas na área de Ensino de Química. A criação da divisão de Ensino de Química ocorreu durante a XI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química e representou um marco muito importante no desenvolvimento da área. A partir de então, houve a criação eventos regionais e nacionais que difundiram o ensino de Química pelo Brasil, com ações e projetos de pesquisa na área. Além disso, a criação da revista Química Nova na Escola, representou um grande avanço na área e novas perspectivas surgiram, incentivando o surgimento de cursos de Pós-graduação, e conseqüentemente, ocasionando um aumento no número de mestres e doutores na área. O Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), também se destacou e teve um papel essencial na disseminação de pesquisas na área, assim como os Encontros Regionais de Ensino de Química, que tiveram um papel primordial nas mais diversas regiões do País. Tudo isso, contribuiu significativamente para alavancar pesquisas na área de Ensino de Química no Brasil. (SOARES; MESQUITA; REZENDE, 2017).

Segundo Alexandrino, Bretones e Queiroz (2022) esses eventos propiciam e representam disseminação de conhecimento, uma vez que:

Na atualidade, o ENEQ é um importante espaço de disseminação de conhecimento, propiciando ambiente de encontro de pesquisadores da área de Educação em Química, professores de diferentes níveis de escolaridade, assim como estudantes de graduação e pós-graduação. A sua relevância repousa no fato de divulgar, além dos resultados de investigações, relatos de experiências em ambientes de ensino, a fim de, principalmente, melhorar situações vinculadas à docência. (ALEXANDRINO; BRETONES; QUEIROZ, 2022, p. 249).

Recentemente, a criação da Sociedade Brasileira de Ensino de Química (SBEnQ) representa um passo importante para os químicos brasileiros com o reconhecimento e prestígio para enfrentar os desafios e representatividade de professores e alunos das diversas instituições no ensino de Química no Brasil. Além disso, a SBEnQ criou a Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química (ReSBEnQ) para contribuir e ampliar a divulgação da produção científica

As reuniões e eventos promovidos pela a SBQ possuem junto à comunidade científica um grande respaldo que auxiliam cada vez mais no crescimento do número

de sócios e da comunidade química em geral na propagação de conhecimento. Além disso, a SBQ possui uma plataforma de difusão científica, técnica e de interesse didático chamada de Publicações da Sociedade Brasileira de Química (PubliSBQ) cuja a missão principal é a produção de publicações que alcancem toda a comunidade de química e o público em geral (SBQ, 2014). Os periódicos publicados pela PubliSBQ são bastante respeitados pela comunidade brasileira. A tabela 1 mostra as revistas pertencentes a PubliSBQ, suas siglas e o ano de sua fundação. A revista Química Nova é a mais antiga e tradicional do grupo e por isso é considerada muito importante para a comunidade química brasileira e surgiu praticamente concomitante com a criação da SBQ. A Química Nova tem acompanhado de perto todo o desenvolvimento da Química no País. O surgimento de vários outros membros da PubliSBQ, deram suporte a essa iniciativa e estão se estabelecendo cada vez mais cenário científico. (SBQ, 2014).

Tabela 1-Lista dos periódicos pertencentes a PubliSBQ publicadas no Brasil

Nome da revista	Sigla	Ano de Fundação
Journal of the Brazilian Chemical Society	JBCS	1990
Química Nova	QN	1978
Química Nova na Escola	QNEsc	1994
Química Nova Interativa	QNInt	2009
Revista Virtual de Química	RVq	2009

Fonte: SBQ (2014)

A revista Química Nova na Escola tem tido um destaque especial pelo fato de ser uma revista dedicada exclusivamente ao Ensino de Química, publicada trimestralmente em Língua Portuguesa, de forma gratuita para o leitor. A revista é constituída das seguintes seções: Química e Sociedade, Educação em Química e Multimídia, Espaço Aberto, Conceitos Científicos em Destaque, História da Química, Atualidades em Química, Relatos de Sala de Aula, Ensino de Química em Foco, o Aluno em Foco, Experimentação no Ensino de Química e Cadernos de Pesquisa.

(QNEsc, 2022). A grande abrangência que trata os temas traz ao cenário da pesquisa em ensino do Brasil uma configuração que favorece a inserção de conteúdos para toda a comunidade de química e o público em geral. Dando oportunidade para os docentes e discentes de todos os níveis a publicarem seus trabalhos em sua língua nativa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES tem a atribuição de auxiliar na expansão das universidades e na consolidação da pós-graduação no Brasil. O Qualis CAPES é utilizado pela instituição com a finalidade de classificar os periódicos que foram publicados pelos integrantes dos programas de Pós-graduação no Brasil. A classificação dos periódicos é feita através de extratos indicativos de qualidade: A1, A2, B1, B2, B3, B4, B5 e C, em que o ranqueamento A1 representa os periódicos com um nível mais bem avaliado. Critérios próprios são definidos para a classificação das revistas em cada área de avaliação. O Qualis é uma das ferramentas essenciais para a avaliação da produção intelectual produzida pelos pesquisadores brasileiros. (BARATA, 2016). Dados dos conceitos dos periódicos podem ser encontrados através da Plataforma Sucupira (2022).

A tabela 2 mostra o conceito de avaliação de várias revistas de química do Brasil segundo o Qualis CAPES por área de avaliação como Química, Ensino, Educação e Interdisciplinar.

Tabela 2- Qualis CAPES de algumas das principais revistas/periódicos na área de Química e/ou Ensino de Química no Brasil. O Qualis utilizado corresponde ao quadriênio 2013-2016

QUALIS CAPES				Revista/periódico
Química	Ensino	Educação	Interdisciplinar	
C	B1	B5	B2	Revista Brasileira de Ensino de Química
C	B4	B5	B4	Revista Debates em Ensino de Química
B2	B3	A2	B1	Química Nova
B5	B1	B1	B3	Química Nova na Escola
B3	B3	B1	B2	Revista Virtual de Química

A2	B3	–	B1	Journal of the Brazilian Chemical Society
B5	B5	–	B3	Periódico Tchê Química
B2	–	–	B1	Brazilian Journal of Chemical Engineering
B5	–	–	B2	Eclética Química
C	B2	–	B4	E-xacta
B5	B4	–	B2	Orbital: The Electronic Journal of Chemistry
C	A2	B2	B4	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia
–	B4	C	–	Revista Liberato
C	–	–	–	Scientia Chromatographica

Fonte: Dados obtidos pelo autor na Plataforma Sucupira (2022)

3 METODOLOGIA

A pesquisa realizada, trata-se de uma revisão de literatura sobre a Química Forense e suas técnicas, bem como a sua utilização como proposta didática de intervenção no ensino de Química no Brasil. A ideia de realizar um estudo sobre a Química Forense é que se possa contribuir através do conhecimento do material científico já publicado sobre o tema e provocar uma conscientização da comunidade científica. Isso é de grande importância na difusão e no uso de técnicas de Química Forense como proposta de ensino.

O presente trabalho tem cunho qualitativo, em seu escopo, que apresenta a temática Química Forense e suas principais técnicas. A pesquisa qualitativa segundo Paulilo (1999) pode ser definida como:

A investigação qualitativa trabalha com valores, crenças, hábitos, atitudes, representações, opiniões e adequa-se a aprofundar a complexidade de fatos e processos particulares e específicos a indivíduos e grupos. A abordagem qualitativa é empregada, portanto, para a compreensão de fenômenos caracterizados por um alto grau de complexidade interna. (PAULILO, 1999, p. 135).

Na perspectiva de Noronha e Ferreira (2000) o trabalho de revisão é um tipo de texto que reúne informações fornecendo uma visão geral acerca de determinado tema produzido na área de estudo. Os autores relatam que:

Trabalhos de revisão são estudos que analisam a produção bibliográfica em determinada área temática, dentro de um recorte de tempo, fornecendo uma visão geral ou um relatório do estado-da-arte sobre um tópico específico, evidenciando novas idéias, métodos, subtemas que têm recebido maior ou menor ênfase na literatura selecionada (NORONHA; FERRERA, 2000, p. 191).

Para compreender o grau de importância que o tema tem recebido no período de 2000 a 2021, buscou-se uma forma de definir critérios para a seleção dos artigos em estudo no contexto em que devem estar incluídos a contribuição do conhecimento da área de ensino de Química com a temática Química forense.

Partindo desse princípio, foi estudado uma forma sistemática de estabelecer critérios para definir quais artigos seriam selecionados, dentro do contexto desejado. Para isso, faz-se necessário definir onde buscar esses artigos, ou seja, qual a plataforma de busca é mais indicada. Neste trabalho, deseja-se conhecer os

conceitos e as técnicas de Química Forense voltadas ao ensino de Química no Brasil. O primeiro critério estabelecido foi a procura de artigos em língua portuguesa. Para isso, usou-se as Publicações da Sociedade Brasileira de Química (PubliSBQ), que é a principal plataforma de difusão científica relacionada a Química no Brasil e a *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO), que é a principal biblioteca digital da América Latina. Portanto, a seleção das fontes de investigação buscou garantir a cobertura dos periódicos nacionais mais utilizados pelos pesquisadores da área.

A busca pelos artigos foi realizada entre Março e Abril de 2022 e utilizou como descritores de busca nessas plataformas termos como: *química forense*, *ciência forense*, *ensino de química*, *ensino de ciências e investigação criminal*. Feito isso, para que se analise a seleção ou a exclusão do artigo, avaliou-se o título, o resumo e as palavras-chave dos artigos encontrados, constituindo como um segundo critério de seleção ou filtro. Um terceiro critério foi a data de publicação do estudo que deve estar compreendido entre os anos de 2000 à 2021.

Após uma avaliação inicial dos trabalhos encontrados, foram realizadas a leitura dos artigos na íntegra e considerados apenas artigos que tratavam de Química Forense com alguma atividade de ensino de Química. Foram descartados artigos duplicados, artigos de revisão, dissertações e teses.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste trabalho de revisão, apresentam-se os artigos selecionados sobre a Química Forense que foram publicados no período de 2000 a 2021 por pesquisadores, professores e seus alunos que abordaram esse tema. Este estudo tem como principal objetivo realizar uma revisão de literatura sobre a temática de Química Forense e suas técnicas como uma proposta de ensino de Química. Além disso, explorar e comparar os discursos, métodos de abordagem, características e técnicas que nortearam os autores na construção do conhecimento relevante para a área. Os resultados da busca dos artigos nos mais expressivos e consolidados periódicos nacionais, na área de conhecimento que abordaram este tema e a escolha das fontes de pesquisa são tratados neste capítulo. A análise dos resultados permitiu descrever o processo, a concepção e o desenvolvimento das técnicas e procedimentos químicos usados pelos autores que contribuíram para o ensino de Química no Brasil.

4.1 Investigação dos artigos nas plataformas SciELO e PubliSBQ

A Química é uma área de estudo bastante interessante e abrangente que possui muitas sub-áreas e divisões. A divisão de Ensino de Química mostra-se bastante importante no cenário devido ao respaldo e ao progresso que isso representa para a comunidade química em geral. A criação ou surgimento de periódicos qualificados e específicos para a área representa um grande avanço. Por outro lado, questiona-se qual é o periódico ideal para publicar seus trabalhos e se publicar no Brasil ou em revistas internacionais. Muitos pesquisadores publicam no Brasil apesar de seus trabalhos terem um menor alcance, principalmente com o intuito de alcançar um público local.

Nesta pesquisa, faz-se escolhas e busca por trabalhos que estudam o tema. A tabela 3 mostra os resultados encontrados para os termos e expressões usadas na pesquisa da plataforma SciELO e também com o filtro Brasil, ou seja, SciELO-Brasil. Pode-se observar uma quantidade expressiva de material científico encontrado quando os termos *ensino de ciências* e *ensino de química* são usados nas buscas. Isso mostra que está se produzindo trabalhos relevantes sobre essa temática e isso ocorre, principalmente, a partir do início dos anos 2000, como pode-

se observar na Figura 8, em que mostra a distribuição dos trabalhos encontrados em relação ao ano de publicação. Além disso, apresenta-se aqui uma lista das revistas ou periódicos que mais publicaram sobre essa temática segundo esse indexador. A Figura 9 mostra a relação de revistas que mais publicaram sobre ensino de Química no Brasil.

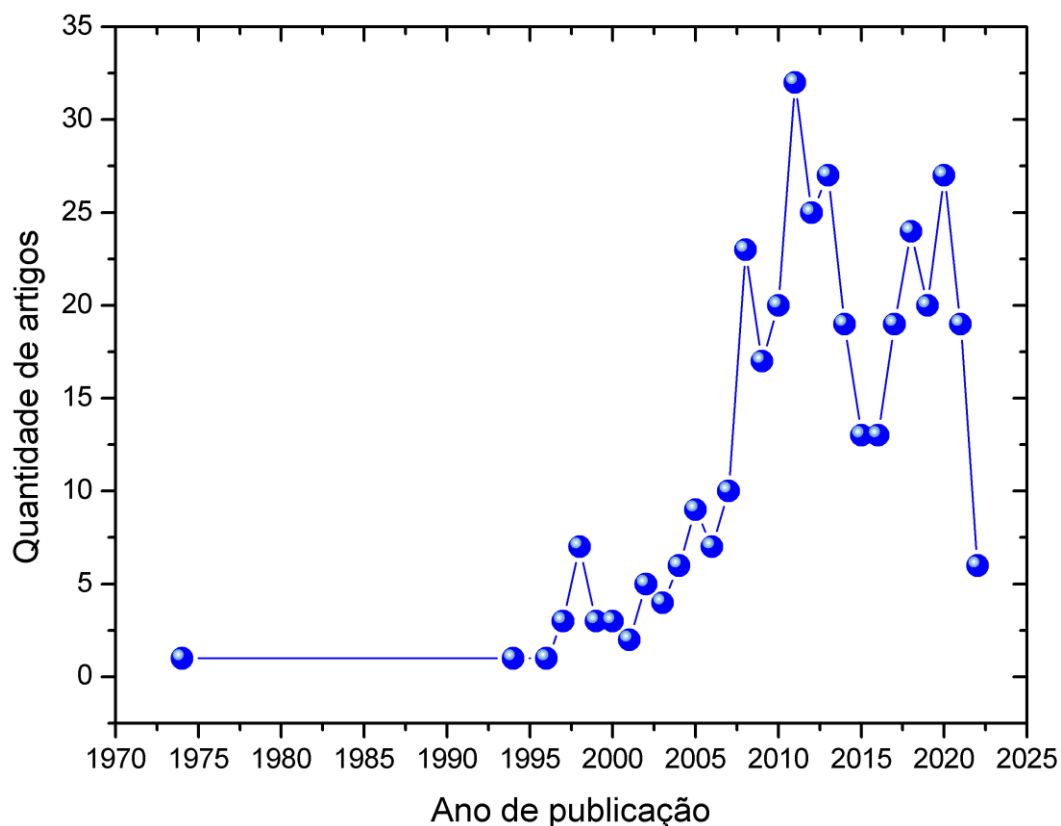
Diante dessa perspectiva, um fato que chama atenção é que quando as buscas são pelos termos: Química Forense e Ciência Forense, associados a uma Instituição de Ensino Superior (IES) no Brasil a quantidade de trabalhos encontrados diminuiu drasticamente em relação a quantidade de trabalhos encontrados com o descritor ensino (ver tabela 3). Como o SciELO é um dos indexadores mais importantes no Brasil, esse resultado é extremamente preocupante, e quando se faz uma análise mais aprofundada associando os termos Química Forense e ensino de Química, os resultados mostram que a pesquisa em ensino nesse tema está tendo uma produção científica insuficiente e muito abaixo do esperado. Vale ressaltar que nesse caso as buscas estão limitadas apenas ao indexador SciELO. Há, portanto, uma grande necessidade de desenvolver ações que possam contribuir para o crescimento das pesquisas no tema e incentivar na comunidade científica a estudar mais esse importante campo de estudo.

Tabela 3 – Termos e expressões/palavras-chave usados durante a busca no buscador/indexador SciELO

Termos buscados	Quantidade de artigos encontrados	
	SciELO	SciELO -Brasil
Ensino de Química	479	366
Ensino de Ciências	2 415	1570
Ciência Forense	78	32
Química Forense	18	4
Investigação criminal	96	34

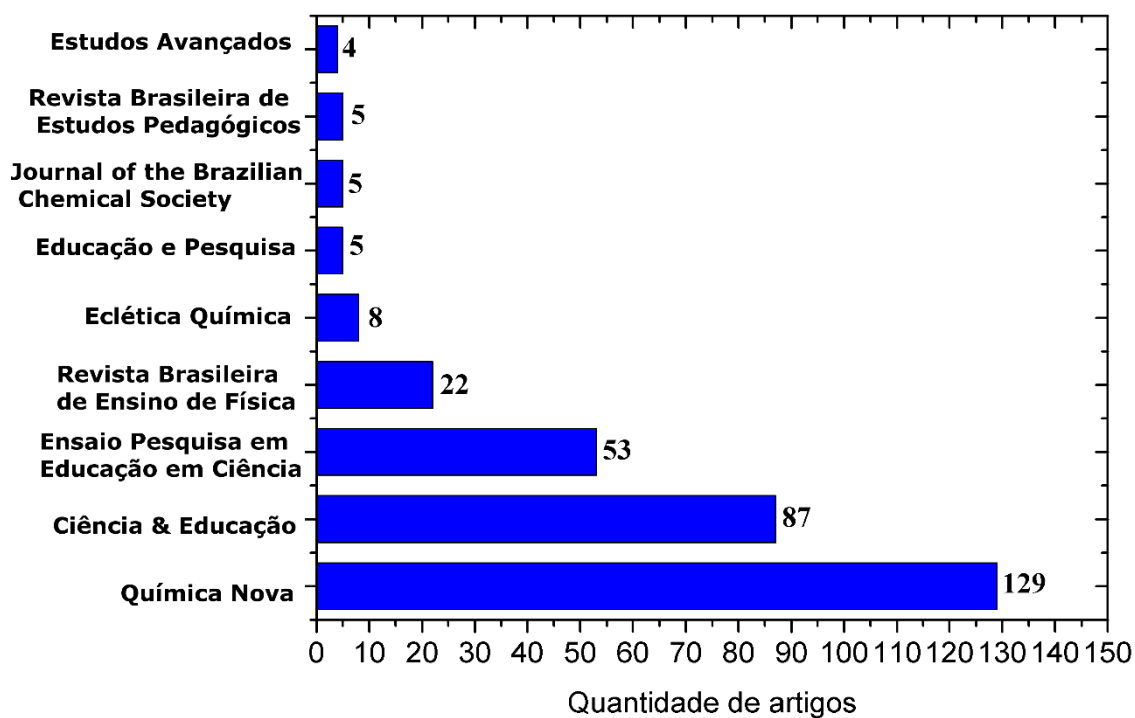
Fonte: Dados obtidos pelo autor na Plataforma SciELO (2022)

Figura 8- Quantidade de trabalhos científicos encontrados sobre ensino de química no Brasil na Plataforma SciELO



Fonte: Dados obtidos pelo autor na Plataforma SciELO (2022)

Figura 9- Lista de revistas que mais publicaram sobre ensino de Química no Brasil



Fonte: Dados obtidos pelo autor na Plataforma SciELO (2022)

Sabendo desses fatos, indaga-se porque será que a comunidade de Química do Brasil está produzindo uma quantidade tão reduzida de trabalhos com essa temática. Nessa procura, para responder esse questionamento, buscou-se de forma similar ao descrito anteriormente mais trabalhos, agora, na Plataforma da PubliSBQ. A tabela 4 mostra os descritores usados no mecanismo de indexação e busca e a quantidade de artigos encontrados em cada revista da PubliSBQ. Pode-se observar que o tema ensino de Química somando a quantidade de trabalhos encontrados em todas as revistas do grupo, apresenta uma quantidade relevante. A revista que apresenta mais trabalhos com esse tema é a revista Química Nova. É possível também notar que a quantidade de trabalhos que envolvem Química Forense é bastante reduzida diante da importância do tema na solução de investigações criminais. Vale ressaltar que em um país com altos índices de crimes, como é o caso do Brasil, há uma grande necessidade da sociedade em geral de mais discussões sobre esse tema.

Tabela 4 – Termos expressões/palavras chave usados no mecanismo de indexação e busca da PubliSBQ

Termos buscados	JBCS	QN	QNEsc	QNInt	Total
Ensino de Química	53	880	346	1	1280
Ensino de Ciências	15	401	214	0	630
Ciência Forense	3	59	9	0	71
Química Forense	9	73	9	1	92
Investigação criminal	0	9	3	0	12

Fonte: Dados obtidos pelo autor na Plataforma PubliSBQ (2022)

Durante a investigação, pode-se observar que a revista Química Nova trata o tema no âmbito da pesquisa básica e aplicada, apesar de ter uma seção na revista voltada a educação. Já a revista Química Nova na Escola é a revista que apresenta as características que buscamos nesse trabalho, ou seja, aborda a Química Forense e suas técnicas com enfoque voltado no âmbito de ensino de Química.

4.2 A análise dos artigos

A interdisciplinaridade é um tema recorrente quando se trata de Química Forense, as áreas de conhecimento se complementam e os vários profissionais das mais diversas áreas necessitam se conectar e muitas vezes compreender a linguagem técnica utilizada para trabalhar em conjunto na solução de um determinado problema. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM):

Na perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista. Em suma, a interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos. (BRASIL, 2000, p.21).

As atividades de ensino que incorporam o comportamento lúdico visam o aprimoramento pessoal ao estudante e propicia uma atuação em colaboração com a sociedade, sendo capaz de promover reflexão e construir uma linha de raciocínio que não seria possível sem esse tipo de estímulo. Cruz *et al.* (2016).

A ambientação e a vivência de uma forma integradora pode ser um facilitador do processo de aprendizagem, e muitas vezes necessita de um meio para traduzir a linguagem científica, complexa, rebuscada e de difícil compreensão para uma linguagem mais simples, do cotidiano e assim facilitar o aprendizado de iniciantes na área. A simulação de situações do tipo cena de crime é uma ferramenta didática muito utilizada nesse campo, pois traz a sala de aula uma forma de visualizar o que acontece de fato numa situação realística. É preciso compreender até que ponto essa técnica é capaz de contribuir para a construção do conhecimento e qual sua verdadeira eficácia, além disso, é preciso conhecer quais são as ferramentas que são comumente usadas para entender esses fenômenos. Cruz *et al.* (2016).

A tabela 5 apresenta as informações básicas dos artigos selecionados como autores, ano de publicação, título e os principais objetivos. Os artigos foram estudados e discutidos nesse trabalho sob o ponto de vista das técnicas, procedimentos metodológicos e ferramentas utilizadas e como isso pode contribuir e proporcionar um avanço no ensino de Química com a temática Química Forense.

Tabela 5- Informações básicas sobre os artigos selecionados nesse estudo

Artigo	Autor (es)	Título	Objetivos
A01	(OLIVEIRA, 2006)	“Química Forense: A utilização de química na pesquisa de vestígios de crime”	“Mostrar a importância da Química na elucidação de crimes”
A02	(DIAS FILHO; ANTEDOMENICO, 2010)	“A Perícia Criminal e a interdisciplinaridade no Ensino de Ciências Naturais”	“Explorar uma técnica química e outra física utilizadas pela criminalística brasileira, ilustrando os conceitos que as envolvem e sugerindo maneiras de apresentação em sala de aula de forma interdisciplinar”
A03	(ROSA; SILVA; GALVAN, 2015)	“Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação”	“Relatar uma experiência didática para estudantes do ensino médio de uma situação de cena do crime”
A04	(CAVALCANTE <i>et al.</i> , 2020)	“Investigação Criminal e Química Forense: espaço não formal de aprendizagem investigativa”	Analisar as contribuições e inferências de uma exposição de Investigação Criminal como proposta metodológica investigativa
A05	(CRUZ <i>et al.</i> , 2016)	“A Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação Investigativa e Lúdica”	“Elaborar um experimento de química forense que poderia ser utilizado pelo professor em sala de aula, envolvendo a interdisciplinaridade e a contextualização de forma lúdica para o ensino de química”
A06	(SANTOS; SILVA, 2021)	“Argumentação e outras práticas epistêmicas em uma sequência de ensino investigativa envolvendo Química Forense”	“Analisar o desenvolvimento de uma sequência de ensino investigativa (SEI), estruturada em torno de um tema da Química Forense”
A07	(SEBASTIANY; PIZZATO; SALGADO, 2015)	“Aprendendo a investigar através de uma atividade investigativa sobre Ciência Forense e Investigação Criminal”	“Avaliar uma proposta didática sobre a temática da Ciência Forense e a Investigação Criminal, e identificar as curiosidades e interesses do público participante”

A08	(SILVA; ROSA, 2013)	“Utilização da ciência forense do seriado CSI no ensino de Química”	“Mostrar ao estudante do ensino médio, por meio de episódios do seriado CSI (Crime Scene Investigation), a relevância da química e do seu estudo, e como ela está presente nas análises contidas nos episódios”
A09	(NICOLODI <i>et al.</i> , 2019)	“Aplicação de condimentos na revelação de impressões digitais latentes: um experimento no ensino de Química”	“Propor a utilização dos condimentos <i>Curcuma longa</i> (cúrcuma), <i>Murraya koenigii</i> L. (curry), <i>Cinnamomum verum</i> J. (canela), <i>Laurus nobilis</i> L. (louro) e <i>Capsicum annuum</i> L. (páprica) como reveladores de impressões digitais, bem como a análise cromatográfica dos mesmos objetivando a aplicação no ensino de Química em Cursos técnicos e de Graduação”

Fonte: O autor (2022)

Oliveira (2006) discorre sobre a utilização da Química na pesquisa de vestígios de crime e inicialmente fala sobre a atuação das forças policiais no enfrentamento ao crime e que geralmente se inicia com um policiamento ostensivo, com uma investigação criminal e com a pesquisa de vestígios em cenas de crime. Segundo o autor cabe ao perito a análise da cena de crime com uma descrição minuciosa do local, em que se coleta evidências que possam futuramente possibilitar a correlação do crime com o investigado. Os exames laboratoriais realizados após a coleta de evidências podem ser realizados através métodos físicos e químicos.

Segundo Oliveira (2006) a experiência do perito e os vestígios encontrados vão determinar quais métodos devem ser usados para cada caso. O autor ainda pondera sobre o conceito de Química Forense e afirma que esse ramo da Química atende essencialmente a Criminalística e a Medicina Forense em que são empregadas várias técnicas essenciais para resolução de crimes, entre elas, o autor dá destaque a disparos de armas de fogo e identificação de adulteração em veículos. Do ponto de vista do ensino de Química, destaca-se o emprego de conteúdos como reações químicas. As reações colorimétricas e exames metalográficos são possíveis de realizar e ilustrar situações do ponto de vista

didático em atividades de laboratório junto a alunos do ensino médio.

Dias Filho e Antedomenico (2010) opinam que os educadores devem aproveitar as polêmicas e fatos da mídia relacionados a descobertas científicas para explorar e dá suporte ao ensino, de modo que isso, promova integração do conteúdo ministrado em sala de aula com a vivência do aluno. Eles também destacam que o uso de filmes e seriados de TV que abordam ciência podem ser uma boa estratégia de ensino, sejam casos periciais reais ou fictícios, tais estratégias proporcionam uma grande oportunidade ao ensino interdisciplinar. Apesar de que expõem que esses temas de aspecto interdisciplinar de ciências naturais não são explorados de forma suficiente no ensino. Os pesquisadores abordam técnicas de detecção de sangue e técnicas de esfriamento corporal, incitando reflexões e demonstrando que é possível integrar e contextualizar dos conteúdos em sala de aula. E ainda, lamenta a falta de exploração, sendo portanto, um desperdício para educação.

Rosa, Silva e Galvan (2015) afirmam que o cenário educacional passa por uma fase de mudanças, pois acredita que o processo educacional tradicional submete os alunos a passividade e, por isso, novas metodologias devem ser desenvolvidas para motivar o envolvimento efetivo dos alunos, principalmente, na educação química fazendo com que os conteúdos sejam agradáveis e atrativos. Os autores ratificam que a ciência forense é uma área transdisciplinar e que a Química Forense é um ramo das ciências forenses que utiliza conceitos químicos para a investigação de delitos na elucidação de crimes. Por meio da experimentação, foram introduzidos conceitos químicos através de técnicas de cromatografia, identificação de sangue e impressões digitais e extração de DNA. Com isso, trabalharam conceitos como: solubilidade, ligações químicas e reações de oxi-redução. Cenas fictícias de crime e questionários também são utilizados para analisar a construção do conhecimento e avaliar percepção dos alunos.

Cavalcante *et al.* (2020) pondera sobre os recentes interesses educacionais por espaços não formais de aprendizagem, em muito se deve a programas de televisão, séries e jogos que envolvem casos criminais. Exposições mediadas por professores em práticas investigativas estimulam alunos a observar, criar e solucionar problemas articulando conhecimento através do senso comum. O ambiente de exposição para o Ensino de Química trabalhou por etapas, em que os visitantes eram convidados a participar de uma investigação criminal e seguiam orientações como entendendo o caso, a cena do crime, os laudos periciais e a

elucidação do caso. Os autores afirmam que a construção do conhecimento em espaços não formais podem provocar uma aprendizagem ativa de intervenção, transformação social e mostram a importância de ações educacionais desse gênero:

As mostras científicas escolares podem tornar-se práticas investigativas de aprendizagem, nas quais alunos e professores de maneira coletiva e colaborativa, por meio de exposições, geralmente experimentais, são instigados a pesquisar, observar, criar e solucionar problemas. Sob a mediação do professor e pela articulação dos saberes científicos com o senso comum, o conhecimento construído em espaços não formais é capaz de potencializar a compreensão dos assuntos acadêmicos. (CAVALCANTE *et al.* 2020, p. 130).

Cruz *et al.* (2016) estuda a ciência forense no ensino de química por meio da experimentação investigativa e lúdica. Essa é uma área de temas transversais e é muito relevante porque pode ser trabalhada em sala de aula aplicando conhecimento de Química para solucionar crimes. Os pesquisadores afirmam que o tema traz a grandes vantagens porque pode dar sentido social a disciplina ensinada, despertando interesse pela ciência. Segundo os autores atividades lúdicas promovem dinamismo as aulas e como recurso didático facilita a interação dos alunos e aumentam o interesse pelo tema. A experimentação é trabalhada através de técnicas de Química Forense como a identificação da presença de sangue, revelação de impressões digitais e identificação de DNA. Uma história de um crime fictício é narrada e descrita para os alunos que são instigados a fingirem serem os peritos criminais. Para chegarem os objetivos, os alunos devem usar as técnicas químicas e competir entre si para solucionar o caso. Os autores garantem que:

As atividades lúdicas no ensino visam ao desenvolvimento pessoal e cognitivo do aluno, propiciando a atuação em cooperação na sociedade e, consequentemente, promovem a reflexão e a construção do raciocínio lógico. Tudo isso leva o estudante a entender, com mais clareza, os assuntos abordados, auxiliando-o na busca por respostas criativas e eficazes para solucionar os problemas. (CRUZ *et al.* 2016, p. 167).

Santos e Silva (2021) desenvolvem uma sequência de ensino investigativo com foco na temática da Química Forense, em que examinam a argumentação e outras práticas epistêmicas. O processo de argumentação nas aulas de ciências é importante e pode ser vista como um recurso que permitem articular e construir conhecimento que aliado a investigação proporciona a natureza discursiva presente nas produções científicas. Os autores relatam que investigações essencialmente

envolvem questões e problemas que tratam informações conhecidas para produção de novos conhecimentos. A Química Forense é aplicada, por exemplo, em situações de identificação de sangue, revelação de impressões digitais e substâncias entorpecentes. O desenvolvimento de estratégias para trabalhar a Química Forense possibilita práticas epistêmicas, entre elas, a argumentação. O professor deve promover interações de forma que auxiliem a estrutura do pensamento crítico dos alunos. Para a elaboração da sequência de ensino investigativa os autores abordaram a temática através de um caso fictício de crime e delinearam as fases de orientação, conceitualização, investigação, conclusão, discussão, comunicação e reflexão.

Sebastiany, Pizzato e Salgado (2015) trazem uma avaliação de proposta didática com a temática Ciência Forense e a investigação criminal organizada em um Ambiente Interativo de Aprendizagem (AIA). O aspecto construtivo de problemas abertos estimula a interação social, atitudes e expandem o conhecimento cotidiano dos alunos. A atividade desenvolvida pelos pesquisadores foi composta por dois cenários: a cena do crime e o laboratório com todos os materiais necessários. A proposta didática foi estruturada em cinco momentos: a apresentação da proposta, a identificação das hipóteses, conhecendo a cena, analisando a cena e desvendando o caso. A atividade foi capaz de estimular a curiosidade e senso crítico dos alunos através de metodologia ativa em que o aluno participa de todo o processo de solução do problema.

Silva e Rosa (2013) trabalham o tema Química Forense através de episódios do seriado *Crime Scene Investigation* (CSI) e de práticas experimentais, em que afirmam que houve um aumento expressivo de seriados e filmes que tratam temas relacionados a investigações criminais e, conseqüentemente, a Química Forense. Deste modo, a devida utilização dessas séries como ferramenta de ensino de Química cria interesse, contextualiza e é um facilitador do processo de ensino-aprendizagem. A identificação de impressões digitais, identificação da presença de sangue, extração de DNA e cromatografia são realizadas através de experimentos simples que podem ser realizados por alunos do ensino médio. É relatado pelos pesquisadores que a exploração de conteúdos por meio de séries, realização de práticas experimentais e simulação de cena de crime fazem com que os alunos questionem e se motivem a aplicar o conhecimento adquirido.

De uma maneira geral foi possível perceber que a maioria dos estudantes já tinha algum conhecimento prévio do assunto a ser abordado, pois estes assistiam a série televisiva. Entretanto, a maioria não sabia relacionar os conteúdos de química vistos em sala de aula com a química contida nas cenas dos episódios, mesmo sabendo identificar algumas análises específicas, como impressão digital, análise de DNA e identificação de sangue, justificando assim uma maior atenção para a contextualização do assunto, visto que não se tratava de um tema totalmente desconhecido. (SILVA; ROSA, 2013, p.157).

Nicolodi *et al.* (2019) fazem uma abordagem teórica e prática voltadas ao ensino de Química utilizando condimentos na revelação de impressões digitais. Foram realizadas por etapas como a seleção e obtenção das especiarias, a extração de corantes e a revelação das impressões digitais. Nesse contexto, os compostos naturais merecem atenção e tornam-se de grande interesse para fins didáticos com a utilização de condimentos como reveladores de impressões. Tudo isso é possível devido ao baixo custo, a facilidade de acesso e por apresentar baixa toxicidade. E com isso, torna-se segura a realização dos experimentos para os alunos de todos os níveis. Os autores relatam que:

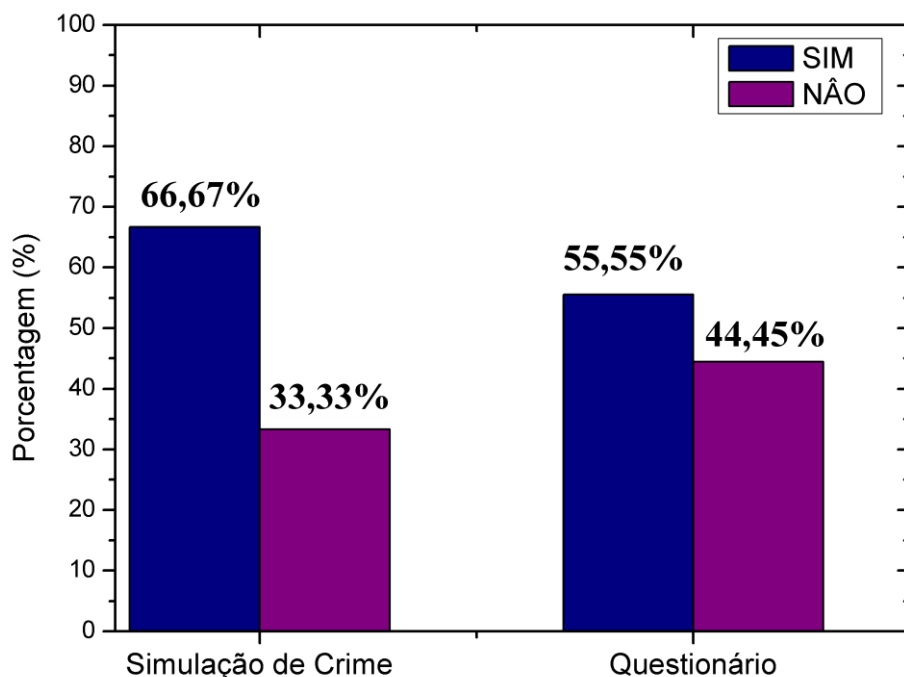
Assim, com os resultados obtidos, pode-se observar que com esse experimento bastante simples permite a abordagem de temas importantes no ensino de química como o princípio da separação cromatográfica de misturas, questões de polaridade referentes à fase móvel e à estacionária, interpretação dos resultados analíticos, conceitos de testes preliminares e testes confirmatórios. (NICOLODI *et al.* 2019, p. 964).

Durante o processo de análise dos artigos dessa revisão foi possível realizar algumas análises dos procedimentos, conteúdos, estratégias, métodos e técnicas utilizadas para alcançar os objetivos levantados em cada trabalho.

A Figura 10 mostra o percentual de artigos que apresentaram uma cena de crime fictícia e também a aplicação de questionários em suas metodologias como forma principal de recurso didático para a assimilação dos conceitos de Química Forense. Pode-se notar que a maioria dos artigos (66,67%) criaram uma cena de crime fictícia para chamar atenção dos estudantes e motivar a participação na execução dos projetos. Outro recurso importante é a aplicação de questionários, pré-testes e pós-testes com o intuito de capturar ou vislumbrar impressões do aluno durante o processo de ensino-aprendizagem. Os questionários estão presentes em mais da metade dos artigos estudados (55,55%). Além disso, vale ressaltar que mais da metade dos artigos utilizaram ambas as técnicas (cena de crime e questionário) em seus processos criativos de conexão com os estudantes. Essas duas técnicas

permitiram que os pesquisadores inferissem muitas informações a respeito da visão que os estudantes têm sobre a temática.

Figura 10- Percentual de artigos que abordam a cena de crime fictícia e a aplicação de questionários como recurso didático



Fonte: O autor (2022)

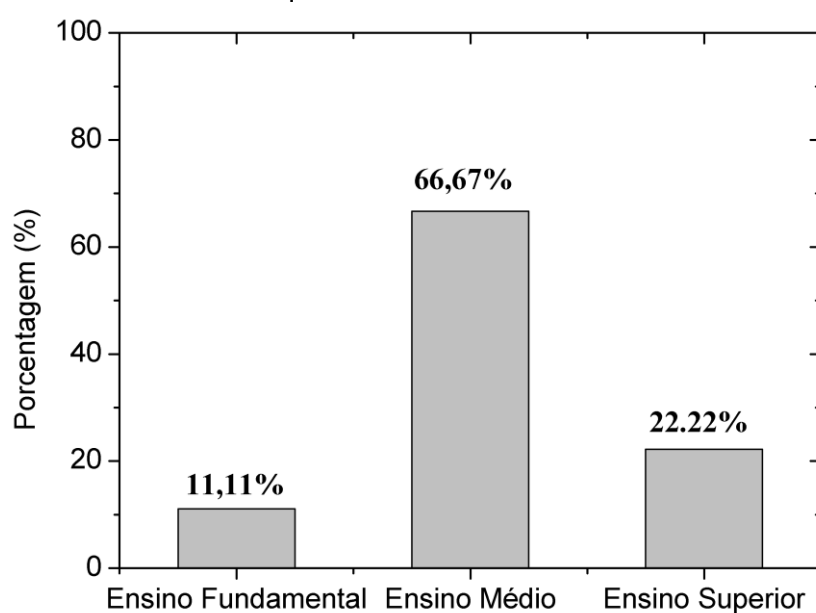
Segundo Rosa, Silva e Galvan (2015) a cena de crime composta por vestígios distribuídos no local estimula a análise crítica e o raciocínio lógico curiosidade e serve para verificar a compreensão dos alunos. Os autores relatam que mesmo que essas cenas não estejam dentro da sua realidade, elas podem ser suficientes para gerarem opiniões e decisões conscientes. Já a aplicação de questionários serve para fazer comparações entre início das atividades e após o término das atividades e assim verificar a eficácia da metodologia utilizada. Além disso, pode-se compreender a visão dos alunos sobre a situação proposta.

A partir de que série ou nível escolar deve se começar a trabalhar os conteúdos e técnicas da Química Forense, ou seja, qual deve ser o público alvo que devemos introduzir os conceitos dessa temática? Que tipo de aluno os pesquisadores estão interessados em atingir com seus trabalhos e qual é o nível de escolaridade preferencial que o tema geralmente foi abordado Esse é um outro aspecto interessante que buscamos responder nessa revisão.

A Figura 11 mostra o nível escolar ao qual os autores relatam ser

direcionados seus trabalhos. Observou-se que apenas 11,11% dos trabalhos tem como foco o ensino fundamental, o ensino médio ficou com a maioria da atenção dos pesquisadores com 66,67% dos trabalhos voltados para esse nível. Os demais trabalhos (22,22%) são direcionados para estudantes do curso de graduação em Química. Com isso, vê-se que o foco dos artigos está voltado para o ensino médio, em que se percebe uma grande preocupação em chamar atenção dos estudantes para essa temática.

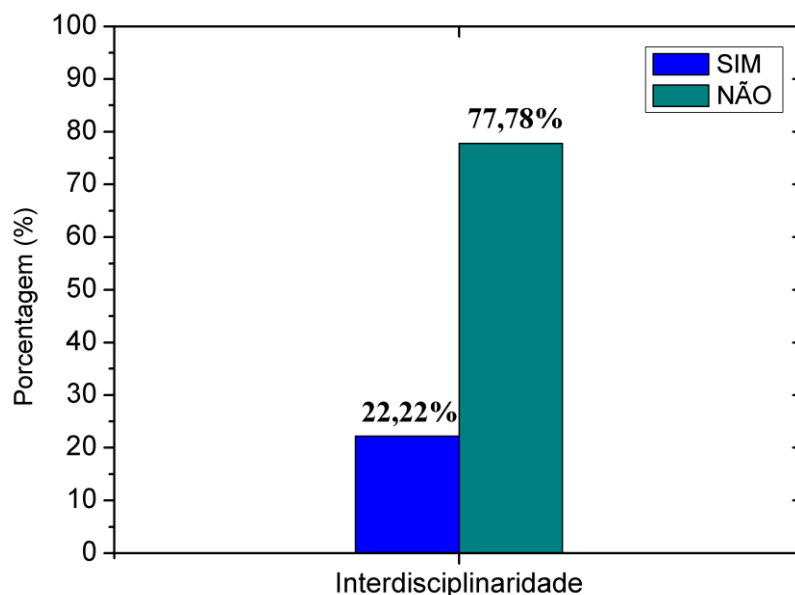
Figura 11- Nível escolar ao qual os autores relatam ser direcionados seus trabalhos



Fonte: O autor (2022)

A interdisciplinaridade na Ciência Forense é apontada em todos os trabalhos como de grande importância e presente nas mais diversas áreas como Física, Química, Biologia, entre outros. Nos artigos analisados, constatou-se que apesar dos autores citarem esse fato, isso não se observa de maneira direta no desenvolvimento dessas práticas na integração dos conteúdos, como mostra a Figura 12.

Figura 12- Interdisciplinaridade trabalhada de forma direta e explícita como proposta de ensino



Fonte: O autor (2022)

Em apenas 22,22% dos artigos a interdisciplinaridade é trabalhada de maneira objetiva, integrando os conhecimentos de áreas como física, química e biologia. Segundo Dias Filho e Antedomenico (2010) o estudo de situações reais ou de ficção científica nos abastecer de grandes oportunidades de explorar o ensino interdisciplinar. Nesse caso específico, os autores usaram uma técnica química para detecção de sangue e outra técnica física para determinar intervalo após a morte e assim ilustrar os conceitos de forma interdisciplinar em sala de aula. Cruz et al. (2016) destaca que a interdisciplinaridade em seu trabalho foi inserida quando os conceitos de química se conectaram com os conceitos de biologia que foram lembrados para que pudessem complementar as fitas da eletroforese e de bases nitrogenadas. Nesses dois casos relatados pelos autores fica evidente o aspecto interdisciplinar e as conexões entre as áreas.

Outro aspecto que foi analisado durante a leitura dos artigos foi a identificação dos principais conteúdos abordados e citados pelos autores como conteúdos básicos que podem ser discutidos de forma lúdica durante as aulas, com conexão direta com a Química Forense, dentre estes, se destacam as reações químicas e as forças intermoleculares que apareceram explicitamente em na grande maioria dos trabalhos estudados, sendo considerados os conteúdos mais explorados pelos pesquisadores. Outros conteúdos também bastante trabalhados são: conceitos de

ácido e base, pH, solubilidade, densidade, permeabilidade, separação de misturas, precipitação, decantação, sublimação, efeito catalítico, composição química dos materiais, pontos de fusão e ebulição, reação de oxidação e redução, mudanças de estados físicos, elementos químicos, entre outros. Essas informações são de grande importância e apontam várias conexões entre conteúdos que podem ser trabalhados de forma integradora e transversal. Há necessidade de conectar o mundo onde os fatos realmente acontecem e contribuir favorecendo o interesse do estudante e uma aprendizagem significativa.

Nesse trabalho, deseja-se obter informações sobre quais foram as técnicas de Química Forense que, frequentemente, são usadas pelos autores dos artigos para ilustrar os conceitos químicos e, conseqüentemente, chamar atenção dos estudantes para os conteúdos ministrados nas disciplinas que fazem parte do currículo escolar e com isso ajudar a assimilação dos conteúdos. Quais os recursos didáticos ou ferramentas de ensino foram utilizados para apresentar essas técnicas também são conhecimentos importantes que podem auxiliar na desenvoltura tanto dos estudantes como de futuros educadores. A tabela 6 mostra as técnicas forenses que foram abordadas nos artigos analisados.

Tabela 6- Técnicas investigativas de Química Forense e recursos didáticos utilizados pelos autores dos artigos selecionados

Artigo	Técnicas investigativa empregadas	Recursos didáticos/ Ferramentas de ensino
A01	Análises de disparos de armas de fogo; Identificação de adulterações em veículos	Atividades de laboratório de química através de exames residuográficos e metalográficos.
A02	Detecção de sangue; Esfriamento corporal	Reportagens jornalísticas, filmes e seriados de TV. Apresentação em sala de aula de forma interdisciplinar.
A03	Cromatografia; Extração de DNA; Revelação de impressões digitais; Identificação de sangue	Aulas expositivas e experimentais, simulação de crime, Avaliação através de questionário.
A04	Balística; Cromatografia; Revelação de impressões digitais; Extração de DNA; Investigação de entorpecentes	Exposição através de mostra científica investigativa experimental em espaço não formal

A05	Análise da presença de sangue; Identificação de DNA; Revelação de impressões digitais	Aulas expositivas teóricas e experimental usando uma simulação de crime.
A06	Balística; Exame residuográfico	Exposição de vídeos, Aula expositiva e dialogada, Atividade experimental, Exame residuográfico
A07	Impressão digital; Balística; Análise da presença de sangue; Pegada	Aulas expositivas e experimentais, simulação de crime, Avaliação através de questionário.
A08	Identificação de uma impressão digital; extração do DNA; Identificação de sangue; cromatografia	Aulas de forma expositiva, com o auxílio de multimídia, episódios apresentados aos alunos, simulação de crime, Atividade experimental
A09	Impressões digitais; Cromatografia	Aulas experimentais em laboratório

Fonte: O Autor (2022)

Pode-se observar que a identificação de sangue, cromatografia, extração de DNA, revelação de impressões digitais e balística foram as técnicas forenses mais empregadas nesses estudos. Muitas dessas técnicas podem ser realizadas em sala de aula a um baixo custo e podem ser empregadas nas aulas de química. Quanto aos recursos de ensino quase em sua totalidade usaram uma combinação de aula expositiva, atividades de laboratórios, simulação de cena de crime e questionários

Oliveira e Soares (2021) destaca a importância do uso de jogos e atividades lúdicas no ensino de Química usadas em sala de aula retratando o cotidiano do aluno. Atualmente a quantidade de pesquisas envolvendo atividades lúdicas tem crescido bastante expandindo cada vez mais o leque de fundamentações e metodologias e abrindo grandes possibilidades para mais pesquisas futuras, porém os autores alertam para a existência de muitas lacunas.

A contextualização das situações cotidianas relacionadas ao ensino de Química e, principalmente, a Química Forense abre caminho para a popularização dos métodos científicos com grandes possibilidades de aplicação tanto em ambiente escolar como fora dele.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações obtidas nessa revisão de literatura, foi possível observar a grande relevância da Química forense na elucidação de crimes. A utilização das técnicas de Química Forense como proposta didática podem ser inseridas no cotidiano dos discentes por meio de intervenções lúdicas-experimentais. A atuação do docente junto ao estudante, principalmente, atuando no meio em que vive, propicia uma colaboração e diálogo com a sociedade, promove reflexão e constrói conhecimento que não seria possível sem esse tipo de estímulo.

Como apresentado nesse trabalho, a Química Forense é uma área interdisciplinar que possui uma variedade de aplicações em que são evidentes a sua utilização na solução de problemas da sociedade atual. A coleta dos vestígios e as técnicas analíticas abordadas pelos autores são extremamente úteis para comprovar ou descartar a participação dos indivíduos no crime ao qual são acusados. Os resultados das análises nem sempre são de fácil acesso para fins didáticos, sem os devidos laboratórios e as condições ideais, mas em grande parte pode ser discutida em sala de aula com materiais simples.

Os resultados das buscas por trabalhos na área de Química Forense se mostraram bastante reduzidos. E isso é um resultado preocupante quando se analisa os trabalhos de Química Forense voltados ao ensino de Química, os dados mostraram que o tema não está tendo uma produção científica suficiente, visto que, o tema é de grande importância na solução de investigações criminais em um país que possui um grande número de crimes sem solução, como é o caso do Brasil.

Pode-se observar que a cena de crime fictícia e questionários são ferramentas bastante usadas no processo de ensino-aprendizagem quando se trata desse tema de estudo. Observou-se também que esses são os recursos didáticos mais explorados pela maioria dos artigos estudados. O nível escolar que predominou a discussão e que autores direcionaram seus trabalhos foi o Ensino Médio. Outro fator que merece destaque é o fato de que a interdisciplinaridade é apontada pelos autores como de grande importância, uma vez que está presente nas mais diversas áreas. Contudo, constatou-se, que na maioria dos trabalhos não houve integração de maneira direta dos conteúdos.

As reações químicas e as forças intermoleculares foram os conteúdos mais abordados pelos autores. Além desses, destacam-se também conteúdos como:

ácido e base, pH, solubilidade, densidade, permeabilidade, separação de misturas, entre outros.

Pode-se observar que a identificação de sangue, cromatografia, extração de DNA, revelação de impressões digitais e balística foram as técnicas de Química Forenses mais utilizadas nesses estudos para ilustrar os conceitos químicos e chamar atenção dos estudantes.

A Química Forense e sobretudo o Ensino de Química é apreciada aqui como uma grande oportunidade para a construção e enriquecimento do conhecimento humano e científico que pode ser tratado tanto no ambiente escolar, como fora dele. Estratégias pedagógicas como ludicidades e experimentação no ensino de Química produz resultados que transcendem a sala de aula e mostram uma visão nova e instigante do cotidiano das docentes, discentes e do público em geral.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. *et al.* **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

BALSAN, J. D *et al.* Desenvolvimento de metodologia de revelação de impressão digital latente com chalconas. **Química Nova**, v. 42, n. 8, p. 845-850, 2019.

BARATA, R. C. B. Dez coisas que você deveria saber sobre o Qualis. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 13, n. 30, p. 13-40, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://download.basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 11 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 10 maio 2022.

CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Plataforma Sucupira**. Brasília, DF: CAPES, c2022. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br>. Acesso em: 12 maio 2022.

CAVALCANTE, K. S. B. *et al.* Investigação Criminal e Química Forense: espaço não formal de aprendizagem investigativa. **Química Nova na Escola**, v. 42, n. 2, p. 129-135, 2020.

CORTE-REAL, F.; VIEIRA, D. N. **Princípios de genética forense**. Coimbra. Imprensa da Universidade de Coimbra, 2015.

CRUZ, A. A. C *et al.* A Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação Investigativa e Lúdica. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 2, p. 167–172, 2016.

DEGANI, A.L.G.; CASS, Q.B.; VIEIRA, P.C. Cromatografia: um breve histórico. **Química Nova na Escola**, v.7, p. 21-25, 1998.

DIAS FILHO, C. R.; ANTEDOMENICO, E. A perícia criminal e a interdisciplinaridade no ensino de ciências naturais. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 67-72, 2010.

DOLINSKY, L. C.; PEREIRA, L. M. C. V. DNA forense: artigo de revisão. **Saúde e Ambiente em Revista**. v.2, n.2, p. 11-22, 2007.

FARIAS, R. F. **Introdução à química forense**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

GAMA, R. S *et al.* Metodologias para o ensino de química: o tradicionalismo do ensino disciplinador e a necessidade de implementação de metodologias ativas. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 2, p. 898-911, 2021.

NICOLODI, C. *et al.* Aplicação de condimentos na revelação de impressões digitais latentes: um experimento no ensino de química. **Química Nova**, v.42, n.8, p. 962-970, 2019.

NORONHA, D. P.; FERREIRA, S. M. S. P. Revisões de literatura. *In*: CAMPELLO, B. S.; CONDÓN, B. V.; KREMER, J. M. (Org.). **Fontes de informação para pesquisadores e profissionais**. Belo Horizonte: UFMG, p.191-198, 2000.

OLIVEIRA, D. F. ; SOARES, E. C. **Química forense**: uma abordagem teórica, lúdica e experimental para o ensino de química. Campinas: Átomo, 2021.

OLIVEIRA, M. F. Química forense: a utilização da química na pesquisa de vestígios de crime. **Química Nova na Escola**, v.24, p. 17-19, 2006.

PALOSCHI, R.; ZENI, M.; RIVEROS, R. Cromatografia em giz no ensino de química: didática e economia. **Química Nova na Escola**, v.7, p. 35-36, 1998.

PAULILO, M. A S. **A pesquisa qualitativa e a história de vida**. Serviço Social em Revista, Londrina, v.2, n. 2, p. 135-148,1999.

POLLETO, M. A ciência forense como metodologia ativa no ensino de ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**. v.12, n.8, p. 88-100, 2017.

QNEsc. Química Nova na Escola. São Paulo: SBQ, 2022. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/pagina.php?idPagina=5>. Acesso em: 14 maio 2022.

ROMÃO, W *et al.* Química Forense: perspectivas sobre novos métodos analíticos aplicados à documentoscopia, balística e drogas de abuso. **Química Nova**, v. 34, n. 10, p. 1717-1728, 2011.

ROSA, M. F.; SILVA, P. S.; GALVAN, F. B. Ciência forense no ensino de química por meio da experimentação. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 1, p. 35-43, 2015.

SANTOS, F. DOS; SILVA, A. DA C. T. Argumentação e outras práticas epistêmicas em uma sequência de ensino investigativa envolvendo Química Forense. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 2, p. 205-223, 2021.

SBQ- Sociedade Brasileira de Química. Nasce a PubliSBQ. **Química Nova**, v. 37, n. 4, p.583, 2014.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 14-24, 2002.

SEBASTIANY, A. P *et al.* A utilização da Ciência Forense e da Investigação Criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. **Educación Química**. v.24, n.1, p. 49-56, 2013.

SEBASTIANY, A. P.; PIZZATO, M. C.; MISKINIS SALGADO, T. D. Aprendendo a investigar através de uma atividade investigativa sobre Ciência Forense e Investigação Criminal. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8,

n. 4, p. 252-287, 2015.

SILVA, P.S.; ROSA, M.F. Utilização da ciência forense do seriado CSI no ensino de Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. v.6, n.3, p.148-160, 2013.

SOARES, M. H. F.B.; MESQUITA, N. A. S.; REZENDE, D. B. O ensino de química e os 40 anos da SBQ: o desafio do crescimento e os novos horizontes. **Química Nova**, v. 40, n. 6, p. 656-662, 2017.

SOUSA, J. M.; QUEIROZ, P. R. M. Coleta e preservação de vestígios biológicos para análises criminais por DNA. **Ensaio e Ciência - Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 16, n. 3, p. 99-115, 2012.

VASCONCELLOS, F. A.; PAULA, W. X. Aplicação forense do luminol – uma revisão. **Revista criminalística e medicina legal**. v.1, n.2, p. 28-36, 2017.